ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 JUIN 1929.

PRÉSIDENCE DE M. Louis MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 15 juin 1929, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Jules Drach** pour occuper, dans la Section de Mécanique, la place vacante par le décès de M. *J. Boussinesq*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Jules Drach** prend place parmi ses Confrères.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Les deuils se précipitent parmi nous. Trois de nos Confrères ont disparu en quelques jours : M. **Henri Andoyer**, enlevé brusquement à l'affection des siens; M. **Charles Moureu**, éloigné de nous par une longue et cruelle maladie qui a eu raison de sa robuste constitution; M. **Léon Lindet**, retenu aussi loin de nous par la maladie, a succombé à son tour.

Henri Andoyer, né à Paris le 1er octobre 1862, était entré le premier à l'Ecole Normale supérieure en 1881; reçu premier agrégé, il fut nommé à Toulouse à l'Observatoire et à la Faculté des Sciences, où il resta jusqu'en 1892 quand il fut appelé à la Faculté des Sciences de Paris comme maître de Conférences, chargé d'un cours d'Astronomie mathématique et de Méca-

nique céleste et en même temps chargé de la préparation à l'agrégation des Sciences mathématiques.

En 1903, il est nommé professeur d'Astronomie à la Faculté des Sciences et en 1910 il devient membre du Bureau de Longitudes chargé de la rédaction de la *Connaissance des Temps*. L'importance de ses travaux avait depuis longtemps attiré l'attention de l'Académie et le 30 juin 1919, il fut élu membre de la Section d'Astronomie.

Ses recherches sur la théorie de la Lune, commencées à Toulouse, furent terminées il y a un an à peine; elles ont été consacrées à la revision de la méthode de Delaunay. Par l'emploi de deux méthodes distinctes dont les résultats concordant entre eux et avec ceux de la théorie récente de Brown, il a pu rectifier les erreurs de Delaunay et donner les expressions correctes des inégalités du mouvement de la Lune en tenant compte des éléments les plus importants relatifs au Soleil et à la Lune. C'est une œuvre considérable qui ne pouvait réussir qu'entre les mains du calculateur qu'était Andoyer.

D'une haute culture mathématique et d'une puissante érudition, il avait une prédilection pour les calculs numériques. Il en donne une nouvelle preuve dans l'établissement des tables trigonométriques destinées à remplacer les anciennes tables qu'il jugeait incomplètes et parfois erronées. Il entreprit seul et réussit en quelques années la confection de ces nouvelles tables pour les logarithmes et pour les valeurs mêmes des signes trigonométriques. Leur publication, qui excita l'admiration, est un service de premier ordre rendu à l'Astronomie.

Correspondant, puis membre du Bureau des Longitudes, Andoyer en était devenu l'âme et il apporta de nombreux perfectionnements dans les laborieux calculs de la *Connaissance des Temps*. Grâce à lui, les recueils français d'éphémérides astronomiques sont devenus aussi parfaits qu'on puisse le désirer.

Je ne puis que mentionner ses *Études sur la théorie des orbites intermédiaires*, inspirées par les méthodes de Gilden; sur les *Formules générales de la Mécanique céleste*, ses *Recherches sur le problème des n corps*, sur les *Formules de la Précession*, d'après S. Newcomb, etc. Tous ces travaux portent la marque de son esprit fait de simplicité et de clarté.

Professeur incomparable, il aimait l'enseignement autant que la recherche et dans les leçons qu'il a publiées, il s'ingéniait à exposer sous une forme impeccable les idées originales et souvent très neuves, fruits de ses méditations.

D'une rare modestie, Andoyer masquait sous une bonhomie un peu brusque un cœur excellent, il sera vivement regretté parmi nous,

J'adresse à sa famille, au nom de l'Académie, l'expression de notre bien vive sympathie.

Charles Moureu, né à Mourenx (Basses-Pyrénées) le 19 avril 1863, interne en pharmacie des hôpitaux, devint pharmacien de 1re classe en 1891, docteur ès Sciences en 1893, agrégé de chimie et de toxicologie à l'École supérieure de Pharmacie en 1899; il était en même temps chargé de conférences préparatoires au cours de chimie organique.

En 1907, il fut nommé professeur de pharmacie chimique et bientôt succéda à Berthelot au Collège de France.

L'Académie de Médecine l'avait élu en 1907 et vous l'avez admis au milieu de nous en 1911.

Ses premiers travaux concernent les principes constituants de plusieurs essences végétales : eugénol, safrol, astragol et anéthol, dont il a fait l'histoire, et démontré par des essais de synthèse, la constitution. Il a été amené, à la suite de ses recherches sur ces essences, dont plusieurs sont des dérivés de la pyrocatéchine, à étudier ce corps et à découvrir une nouvelle classe de composés non saturés à noyau hexagonal bioxygéné symétrique.

La belle série de recherches sur les composés acétyléniques lui a permis de découvrir des réactions générales permettant la préparation de nombreuses familles de corps organiques nouveaux, et parmi eux les deux sous-azotures de carbone si étroitement liés au cyanogène, à la fois par leur constitution et leurs propriétés.

Le difficile problème de la chimie des alcaloïdes a été abordé par Moureu avec un plein succès par une étude très complète de la spartéine dont la constitution chimique avait, avant lui, défié les efforts des travailleurs.

La présence des gaz rares dans les sources minérales déjà signalée par de nombreux chimistes, a retenu spécialement son attention, et il a institué un procédé de dosage de minimes quantités de krypton et de néon. La méthode spectrophotométrique qu'il a établie lui a permis de doser un millième de millimètre cube de krypton, et un demi-millième de millimètre cube de néon.

Il entreprit alors méthodiquement l'étude des mélanges gazeux émanés des sources minérales. 57 sources ont été étudiées par lui et dans toutes, les cinq gaz rares ont pu être caractérisés à des doses variables. Parmi ceux-ci l'hélium varie dans de larges limites et, à Maizières (Côte-d'Or), il existe

dans la proportion de 5,92 pour 100. Aussi certaines sources sont-elles de véritables gisements d'hélium exploitées industriellement.

Moureu a reconnu aussi dans les grisous les mêmes gaz rares, et en particulier d'importantes proportions d'hélium.

Fait remarquable, les rapports entre les quantités d'argon, de krypton et de xénon sont constants, aussi bien dans les eaux minérales que dans les grisous, et Moureu donne une explication ingénieuse de ce fait.

Ces résultats limités d'abord à l'hydrologie seule ont pris une grande ampleur par suite de leur influence sur la Physique du globe et l'évolution de la matière.

La mesure de la radioactivité d'une vingtaine de sources thermales complète ces mémorables recherches.

Rappellerai-je le rôle important rempli par Moureu pendant la guerre où, après une période de surprise douloureuse, il fallut, avec une pléiade de chimistes et de physiologistes, improviser la protection des troupes contre les gaz asphyxiants et organiser de toutes pièces la riposte qui se fit bientôt rapide et foudroyante ?

Entraîneur d'hommes, Moureu avait réuni autour de lui des travailleurs dont il inspirait et dirigeait les travaux, il avait constitué ainsi une puissante réunion de jeunes chimistes auxquels il communiquait son enthousiasme et ses espoirs.

Avec une généreuse ardeur il avait mené dans les congrès, par des conférences et dans la presse, une active campagne en faveur de la science française pour obtenir à nos laboratoires misérables les subsides nécessaires en matériel et en personnel, et nous lui sommes bien reconnaissants des améliorations que son activité féconde nous a permis d'obtenir avec l'appui de nos confrères.

Frappé en pleine activité Moureu laisse un grand vide parmi nous et ce savant, épris des vérités scientifiques, d'une bonté rare, à l'enthousiasme généreux, sera unanimement regretté.

J'adresse à sa famille, au nom de l'Institut, l'expression de notre bien vive sympathie.

Léon Lindet, né à Paris le 10 avril 1857, fit son apprentissage scientifique au Conservatoire des Arts et Métiers dans le laboratoire d'Aimé Girard, son oncle et notre confrère, il devint préparateur du cours de Chimie industrielle. Docteur ès sciences physiques en 1886, il fut nommé successivement répétiteur, professeur suppléant, enfin professeur titulaire

du cours de Technologie agricole à l'Institut national agronomique (1889) où il succéda à Aimé Girard. Élu à l'Académie d'agriculture en 1898, il succéda en 1920, dans la Section d'Économie rurale, à Th. Schlœsing.

Son œuvre est consacrée à diverses industries agricoles : industrie sucrière, de la fermentation, de la meunerie, de la boulangerie, laitière, etc.

Dans ses premières recherches sur les sucres et l'industrie sucrière, il montre que les produits de dédoublement du saccharose sont utilisés par les plantes : le glucose pour la respiration, le lévulose pour la formation des tissus cellulosiques.

Les solutions de saccharose s'invertissent, d'après lui, à la température de 100°, grâce à l'acidité très faible de ce sucre et à celle plus grande du glucose et du lévulose. Les métaux qui donnent des oxydes acides : cuivre, plomb, etc., activent l'inversion; ceux qui donnent des oxydes alcalins : cobalt, fer, zinc, la retardent. Ces résultats, précieux pour les fabricants de sucre, ont été utilisés dans la pratique.

En collaboration avec Aimé Girard, il a réalisé une importante étude sur la composition des raisins de divers cépages et sa variation au cours du développement et par d'intéressantes observations sur la coloration de l'enveloppe du raisin et la localisation dans celle-ci du parfum caractéristique de chaque cépage.

Les hydrates de carbone qui, dans les pommes à cidre, conditionnent la production des sucres, ont été étudiés sur les pommes au fruitier ainsi que sur celles qui restent sur l'arbre, la conclusion est uniforme, l'amidon disparaît; fait place au saccharose qui atteint un maximum puis décroît à mesure que les sucres réducteurs apparaissent et prédominent au terme de la maturation.

Au cours de ses recherches Lindet a étudié le mécanisme de la coloration brun rouge, du jus de pomme exposé à l'air, démontrant que cette coloration se développe en dehors de toute action microbienne et il conclut à l'existence d'une diastase oxydant le tannin, mais trouvant cette hypothèse trop hardie il la confia au journal *le Cidre*, 1893. Deux ans plus tard notre confrère G. Bertrand réalisait la brillante découverte des oxydases.

Signalons aussi ses recherches sur l'origine, dans les flegmes, des alcools supérieurs, des bases azotées, du furfurol; sur la meunerie et la boulangerie; sur le lait où il a découvert deux caséines, dont l'une entièrement soluble a été considérée comme une albumine, l'autre existant en grande partie à l'état colloïdal.

Tous ces travaux ont amené d'importants perfectionnements dans les

diverses industries agricoles où Lindet était le conseiller unanimement écouté.

Sa perte sera vivement ressentie par ses confrères et ses élèves.

J'adresse à sa famille au nom de l'Académie l'expression de notre vive sympathie.

Les obsèques de M. L. Lindet n'ayant pas encore eu lieu, la séance sera levée en signe de deuil après le vote inscrit à l'ordre du jour.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur le rubrène. Étude du mécanisme de formation; description d'un dérivé chloré intermédiaire.* Note [1] de MM. **Charles Moureu**, **Charles Dufraisse** et **Joseph Robin**.

On sait que le rubrène est obtenu par enlèvement de HCl à l'éther chlorhydrique

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix} \!\!>\! \underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}} - C \equiv C - C^6H^5 \xrightarrow{-HCl}$$

Fig. I.
Formule admise pour le rubrène

avec doublement de la molécule. La grande différence de structure entre les formules du corps initial et du composé résultant (*fig.* 1) fait prévoir que la transformation doit correspondre à une variation importante du potentiel chimique. Effectivement, la réaction se fait avec libération d'une grande quantité d'énergie. Si l'on porte, par exemple, 40^g de cet éther chlorhydrique à la température de 130° dans un bain d'huile, la masse s'échauffe spontanément jusqu'à des températures pouvant atteindre 260° : il se déclenche alors une réaction brusque, avec dégagement tumultueux d'acide chlorhydrique. Une telle quantité de chaleur émise en un temps très court est capable d'échauffer le bain d'huile extérieur; c'est même ainsi que notre attention a été attirée sur le phénomène thermique.

Il eut été fort surprenant qu'une pareille chute d'énergie se fit sans degrés, et que le passage si compliqué d'une structure à l'autre put avoir lieu en une seule étape. Aussi nous sommes-nous attachés à rechercher les termes intermédiaires de la réaction.

---

(1) Séance du 27 mai 1929.

Nous pensons avoir mis la main sur l'un d'eux : un composé cristallisé, incolore, fondant à 217° (bloc Maquenne) et répondant à la formule $C^{42}H^{29}Cl$. Le rubrène exigeant pour sa formation l'élimination de deux molécules d'acide chlorhydrique

$$2(C^{21}H^{15}Cl) \rightarrow C^{42}H^{28} + 2HCl,$$

le nouveau produit formé par enlèvement d'une seule molécule d'acide chlorhydrique représenterait le premier stade de l'élimination de l'acide chlorhydrique. Les arguments en faveur de cette hypothèse sont tirés des conditions de formation et des propriétés de ce corps.

On le trouve en effet à côté du rubrène, dans les divers modes de formation de cet hydrocarbure, à la condition, bien entendu, de se maintenir dans les limites de stabilité du corps.

Ainsi, dans la préparation du rubrène, si, au lieu de chauffer un temps assez long, comme nous avons coutume de le faire, on arrête prématurément la réaction par un refroidissement brusque de la masse, on observe toujours la présence du nouveau produit, en proportions d'ailleurs d'autant plus élevées que le refroidissement a été plus précoce.

On obtient de bien meilleurs rendements avec des modes opératoires plus doux que le brusque chauffage, telle la dissociation spontanée à froid de l'éther chlorhydrique en solution dans des solvants anhydres. En éther anhydre, par exemple, il s'en dépose peu à peu, sous forme de cristaux blancs volumineux, à côté de rubrène : ce serait même le meilleur mode de préparation s'il n'était pas très lent (plusieurs mois).

De plus, argument peut-être plus décisif, on peut observer l'apparition du nouveau corps dans le milieu réactionnel avant celle du rubrène : il suffit de modérer le chauffage et d'éviter par là que la réaction ne prenne l'allure explosive décrite plus haut. La température de 70° convient bien : au bout de 30 minutes, il ne s'est encore formé que des traces infimes de rubrène, alors que le corps chloré se trouve déjà en proportions notables.

Enfin ce produit a une tendance extrême à se transformer en rubrène, soit à froid (en solution), soit à chaud, et la transformation est intégrale, sans produits accessoires ni résines.

Pour ces diverses raisons, il est légitime de considérer le corps chloré, fondant à 217°, comme l'un des termes intermédiaires de la formation du rubrène.

Constitution. — La facilité de la transformation en rubrène de ce nouveau composé, le rendement élevé observé, l'absence de phénomènes thermiques

importants pendant la réaction, donnent à supposer que sa constitution doit être très voisine de celle du rubrène et en posséder déjà le squelette caractéristique.

Nous avons envisagé trois formules (*fig.* II, III, IV) :

C^6H^5 C^6H^5 Cl H C^6H^5 C^6H^5

Fig. II.

C^6H^5 —Cl H— C^6H^5 C^6H^5 C^6H^5

Fig. III.

C^6H^5 —Cl C^6H^5 —H C^6H^5 C^6H^5

Fig. IV.

toutes trois très voisines de celle du rubrène (*fig.* I); il suffit d'enlever HCl et de déplacer convenablement les doubles liaisons pour aboutir sans autres modifications du squelette à la formule de la figure I.

L'étude des propriétés du corps, actuellement en cours, nous fixera sans doute sur la formule qui lui convient le mieux.

BOTANIQUE. — *Sur les phénomènes de symbiose chez le* Myrica Gale. Note de M. **P.-A. Dangeard** et Mme **Mara Lechtova Trnka.**

Le *Myrica Gale* L. est un arbuste qui se rencontre en quelques points de la région parisienne et qui affectionne les endroits humides : son appareil radiculaire présente cette particularité de posséder des renflements ou « tuberculoïdes » sur la nature desquels on a beaucoup discuté.

La formation de ces tubercules radicaux a donné lieu à de très nombreux travaux : on est d'accord, en général, sur le fait, que l'apparition de ces formations est due, comme chez les Légumineuses, à la présence d'un organisme microscopique qui envahit les tissus de la racine et y provoque ces déformations.

Mais sur la nature exacte de cet organisme les opinions diffèrent : pour les uns, il s'agit d'un champignon dont la description varie d'ailleurs avec

les auteurs dans de très larges limites; certains le rapprochent des *Plasmodiophora*, d'autres le considèrent plutôt comme un mycète de structure filamenteuse, qu'ils rapportent au genre *Frankia*, alors que Shibata en fait un *Actinomyces*.

Nos observations nous permettent d'établir qu'il s'agit d'une Bactériacée qui se comporte à l'égard des racines de *Myrica* comme le font les diverses espèces de *Rhizobium* qui provoquent la formation des nodules radicaux chez les Légumineuses : il n'en diffère que par quelques caractères que nous allons chercher à mettre en évidence.

Tout d'abord, il n'est pas inutile de spécifier que cet organisme n'a aucune parenté avec un véritable mycète qui se développe souvent en abondance dans les espaces intercellulaires de l'écorce des racines : celui-ci est un champignon septomycète dont les gros troncs mycéliens se ramifient en filaments plus fins : les articles, d'abord plurinucléés, font place à des articles n'ayant qu'un seul noyau; certains de ces derniers sont renflés et courts, disposés en chapelets; d'autres sont terminaux : ce champignon a pu être isolé en culture pure et sa description complète sera donnée ultérieurement par l'un de nous.

Dans cette Note, nous n'aurons en vue que l'organisme qui détermine chez le *Myrica Gale* la production des tubercules radicaux : il s'agit incontestablement d'une Bactériacée.

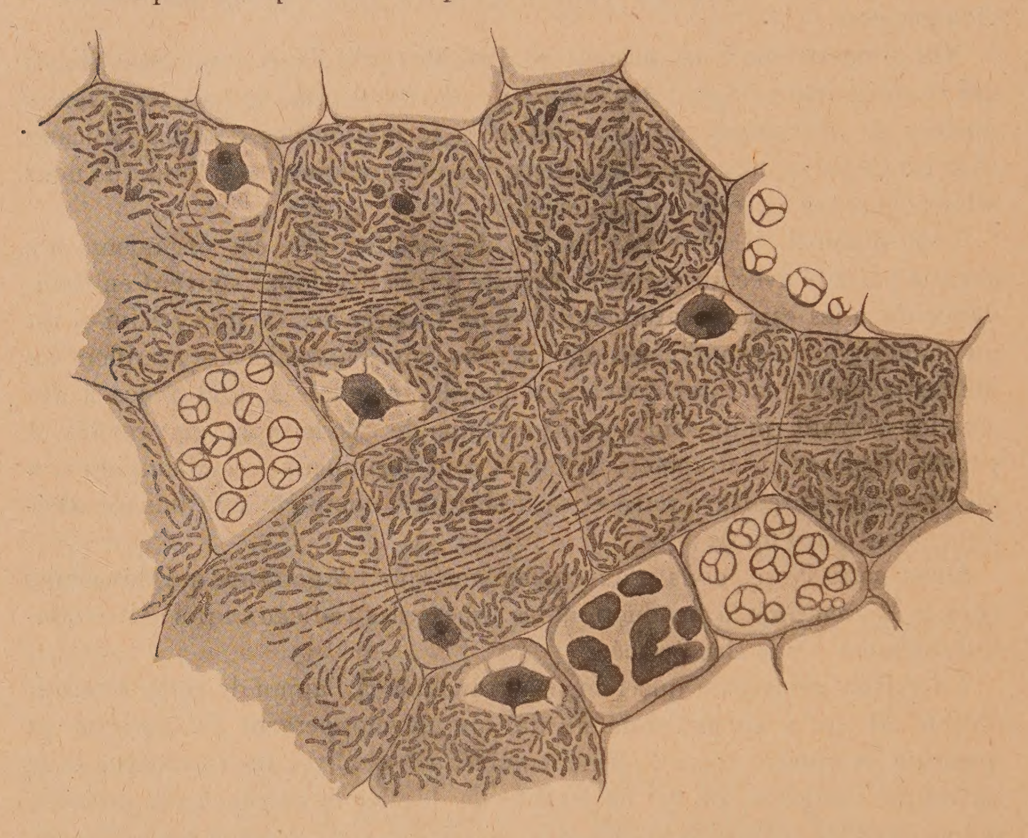
La raison principale que l'on peut invoquer à l'appui de cette détermination est qu'à aucun moment de son développement l'organisme en question ne montre trace d'élément nucléaire; or, avec les ressources de la technique moderne, on est en mesure de déceler la présence des noyaux, même dans les champignons les plus inférieurs; mais, comme nous allons le voir, d'autres arguments provenant du développement viennent confirmer la conclusion tirée de la structure histologique.

La formation des tubercules, qu'ils soient concrescents ou qu'ils soient plus ou moins indépendants, est due à la prolifération des cellules corticales sous l'influence du parasite; il se produit ainsi des régions de cellules contaminées, lesquelles entourent complètement le cylindre central ou bien sont localisées de façon variable.

L'étude des cellules parasitées est tout d'abord assez décevante : à côté de cellules qui renferment des éléments paraissant distincts, indépendants, on en trouve d'autres qui montrent un peloton de filaments fins, que certains auteurs ont décrit comme une sorte de capillitium filamenteux.

Le premier aspect nous fait penser tout de suite au *Rhizobium* des Légu-

mineuses : bâtonnets plus ou moins flexueux, plus ou moins longs, souvent contournés de diverses façons, parfois recourbés en U, le tout réuni en un amas compact occupant tout ou partie de la cellule (voir la figure).



Le second aspect, d'apparence filamenteuse, était d'autant plus difficile à interpréter qu'il ne se voit guère facilement que dans les cellules où tout le contenu cytoplasmique a disparu : les tubes, devenus vides, conservent une membrane mince qui se colore avec certains réactifs, comme la safranine, par exemple.

La difficulté n'a pu être résolue que par un examen très attentif du mode de contamination des cellules.

On sait que chez les Légumineuses, la contamination par le *Rhizobium* se fait par le moyen d'hyphoïdes, c'est-à-dire de zooglées filamenteuses qui contiennent ordinairement plusieurs files de Bactéries très petites et distinctes; arrivées dans les cellules, ces Bactéries se libèrent de la zooglée, se multiplient, grossissent et prennent l'aspect définitif qu'on leur connaît.

Or, dans la Bactériacée du *Myrica Gale*, les choses se passent autrement ; il n'existe pas de zooglées filamenteuses et de bâtonnets bactériens indépendants : ce sont des filaments fins, indépendants, isolés ou en groupes de trois ou quatre, disposés parallèlement, qui assurent la contamination ; on les voit traverser la paroi mince qui sépare les cellules, et l'on peut, comme pour le *Rhizobium*, suivre la pénétration successive au travers de plusieurs cellules contiguës.

Lorsque ces filaments sont jeunes, on s'aperçoit que le cytoplasme peut être continu sur un espace assez grand ou bien divisé en articles de longueur variable ; nous avons affaire, par conséquent, à une Bactérie filamenteuse, laquelle, comme le *Bacillus subtilis*, par exemple, est susceptible de se dissocier en éléments distincts : ces articles, qu'ils soient devenus indépendants ou qu'ils soient encore plus ou moins réunis, se multiplient et grossissent surtout à la périphérie de la cellule ; on observe même fréquemment une différence de diamètre très sensible entre les éléments du centre restés plus ou moins filamenteux et ceux qui occupent la périphérie du peloton où ils sont dissociés ; le prétendu capillitium filamenteux est tout simplement le squelette membraneux laissé par cette Bactériacée lorsque tout le contenu cytoplasmique a disparu.

On ne peut guère songer à placer cette Bactériacée dans le genre *Rhizobium* bien qu'il existe certains points de rapprochement : le remplacement des hyphoïdes de nature si spéciale, dans le mode de contamination, par de véritables filaments qui se dissocient par la suite en articles, justifie, semble-t-il, la création d'un genre distinct : nous proposons pour lui le nom de *Rhizobacterium* et l'espèce sera le *R. Myricæ*.

Bien que nous ayons cru devoir, pour la raison indiquée, ne pas réunir cette espèce à celles qui font partie du genre *Rhizobium*, il n'en est pas moins exact que ses relations avec les cellules du *Myrica* rappellent de très près ce qui a lieu dans les tubercules radicaux des Légumineuses.

Ainsi dans les régions contaminées, on distingue les cellules parasitées et les cellules intermédiaires : dans les premières, il s'est produit une hypertrophie laquelle sans être aussi accentuée que chez certaines Légumineuses, peut atteindre cependant un volume deux ou trois fois supérieur à celui des cellules intermédiaires.

Ces cellules intermédiaires ainsi que celles qui bordent les régions contaminées sont en général complètement remplies de gros grains d'amidon, simples ou composés ; parfois, on rencontre d'autres cellules dont les vacuoles sont très riches en tannin.

Dans les cellules parasitées ou cellules spéciales, l'amidon se trouve à un état de digestion plus ou moins avancé; autour du peloton bactérien on peut trouver une assise de gros corpuscules d'amidon encore intacts; d'autres fois, on remarque, à l'intérieur du peloton même, de tels grains amylacés réduits à l'état d'anneau ou de calottes; enfin l'amidon peut avoir complètement disparu. La parasite semble s'attaquer également aux tannins du vacuome, car il n'est pas rare de trouver dans ces cellules spéciales au milieu de l'entre-croisement des Bactéries, des traces de précipitation de ces tannins.

En ce qui concerne le noyau, il semble qu'il conserve jusqu'au bout sa vitalité, sans changement notable de volume ni de structure : il est d'ordinaire appliqué au contact de la membrane de la cellule; le nucléoplasme est homogène d'apparence, ainsi que le gros nucléole qu'il renferme. Le cytoplasme est fréquemment réduit à l'état de traces à peine perceptibles.

Par comparaison avec ce qui existe chez les Légumineuses ([1]) il n'est guère douteux que nous nous trouvions ici en présence d'un cas de symbiose bien caractérisé.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats au poste de Directeur de l'Observatoire de Paris, M. **E. Fichot** est désigné en première ligne par 25 suffrages contre 24 à M. *E. Esclangon*.

Pour la seconde ligne, M. **E. Esclangon** est désigné par 27 suffrages, contre 13 à M. *Jules Baillaud* et 1 à M. *Mascart*.

Il y a 4 bulletins blancs et 3 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne............. M. **Eugène Fichot**.
En seconde ligne.............. M. **Ernest Esclangon**.

([1]) P.-A. Dangeard, *Recherches sur les tubercules radicaux des Légumineuses* (*Le Botaniste*, 16, 1926, p. 1-265; pl. I-XXVIII).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le Pétrole, matière première de l'industrie et de la science chimiques. Conférence faite au VIII[e] Congrès de Chimie industrielle, par M. Louis Pineau. (Présenté par M. A. Béhal.)

Le **Comité international de l'organisation scientifique du travail** invite les membres de l'Académie à une manifestation en l'honneur de M. **H. Le Chatelier**, dans laquelle celui-ci recevra la Grande Médaille d'or, au Palais de la Mutualité, le samedi 22 juin.

ANALYSIS SITUS. — *Sur les invariants caractéristiques des variétés à deux dimensions à connexion infinie, et l'homéomorphie des ensembles fermés discontinus.* Note de M. **de Possel**, présentée par M. Hadamard.

S. Saks (1) a étudié les variétés (2) à deux dimensions homéomorphes d'une surface fermée p fois connexe de laquelle on a enlevé un ensemble fermé discontinu; il a démontré que le couple (μ, ν), où ν désigne le type de l'ensemble enlevé, constitue un invariant caractéristique de ces variétés. D'autre part, P. Kœbe (3) a construit des surfaces de l'espace à trois dimensions homéomorphes de toutes les variétés à deux dimensions, mais sans déterminer leurs invariants.

Je me propose d'étendre la théorie de S. Saks aux variétés *quelconques* à deux dimensions, et de déterminer leurs *invariants caractéristiques*.

---

(1) S. Saks, *Sur l'homéomorphie des variétés à deux dimensions* (*Fundamenta Mathematicæ*, 5, 1924, p. 288-320).

(2) Pour la notion de variété à deux dimensions, voir T. Rado, *Über den Begriff der Riemannschen Fläche*, p. 104-114 (*Acta litt. ac scient. Universitatis Hungaricae*, 2, II, 1925, III, 31, Szeged).

(3) P. Kœbe, *Riemannschen Mannigfaltigkeit* (*Sitzungsberichte de Berlin*, 23, 1927, p. 173 à 175).

1. Soit d'abord une variété V, supposée *bilatère*, et *sans contour* Γ la partageant en deux autres dont l'une au moins soit homéomorphe à un domaine plan (*schlichtartig*). V est alors homéomorphe à une surface M que l'on peut obtenir de la façon suivante : prenons deux figures égales formées de *disques plans*, percés d'une infinité de trous circulaires tendant vers un *ensemble fermé discontinu* E de la circonférence, et accolons les circonférences correspondantes; nous obtenons ainsi un disque de Clifford à une infinité de trous.

La condition nécessaire et suffisante pour que deux surfaces M *soient homéomorphes est que les ensembles* E *correspondants soient eux-mêmes homéomorphes dans une homéomorphie de plan à plan.* A l'ensemble des variétés V homéomorphes entre elles, on peut donc faire correspondre un type d'ensemble fermé discontinu qui en constitue un *invariant caractéristique*.

Réciproquement, à tout *type* d'ensemble E correspond un *type* de variété V à connexion infinie sans contour Γ.

2. Considérons maintenant une variété V *bilatère*, mais *possédant des contours* Γ. On peut alors, en généralisant le procédé d'adjonction d'un point pour transformer le plan en une sphère ou le ruban de Möbius en le plan projectif, transformer la variété V en une autre ne contenant plus de contour Γ par l'adjonction d'un certain ensemble (¹). Plus précisément la variété V est alors homéomorphe à l'un des modèles M précédents, auquel on a enlevé un *ensemble fermé discontinu* F, qu'on peut supposer placé sur la circonférence extérieure. *Pour que deux surfaces construites de cette façon et possédant des ensembles* E, F *et* E′, F′ *soient homéomorphes, il faut et il suffit qu'on puisse établir une homéomorphie de plan à plan faisant correspondre à la fois* E *à* E′ et F *à* F′. On obtient ainsi, comme invariant caractéristique de la variété, le *type* du système formé par deux ensembles fermés discontinus pouvant avoir une portion commune.

Dans le cas où E est vide, la variété se trouve ainsi prolongée par une variété fermée; c'est la théorie des surfaces compactifiables de S. Saks (²).

3. Soit enfin une variété V *unilatère;* elle est homéomorphe à l'un des modèles précédents dont on a enlevé des cercles dont les points diamétralement opposés se correspondent.

Si ces cercles sont en nombre fini, le type du système (E, F) joint à la condition que la surface soit unilatère est encore un invariant caractéristique.

(¹) Voir deux Notes de l'auteur, *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1092, et **187**, 1928, p. 98.

(²) S. Saks, *loc. cit.*, p. 298-320.

Si ces cercles sont en nombre infini, ils tendent vers un certain *ensemble limite* I qu'on peut supposer *fermé discontinu* et situé encore sur la circonférence extérieure. Si un point appartient à la fois à I et à E sans être limite de points de E n'appartenant pas à I, on peut, en modifiant la surface, faire en sorte qu'il n'appartienne plus qu'à I.

La variété V est alors caractérisée par le *type* du système formé par les ensembles E, F et I satisfaisant à la condition que l'ensemble EI soit compris dans l'ensemble $E' - (EI)'$.

4. De même que pour les variétés à connexion finie, la *structure du groupe fondamental* G d'une variété à connexion infinie constitue un invariant. Si une variété possède des contours Γ, on peut trouver un sous-groupe G′ du groupe fondamental G qui soit lui-même groupe fondamental de la variété sans contour Γ obtenue en adjoignant à la précédente l'ensemble F. Le groupe G se déduit de G′ en adjoignant les substitutions qui correspondent aux contours entourant les points de F.

5. Les invariants trouvés étant des *types d'ensembles fermés discontinus*, il faut chercher à caractériser ces derniers vis-à-vis des homéomorphies du plan. On sait que tous les ensembles parfaits discontinus sont homéomorphes; *pour un ensemble fermé discontinu, le nombre ordinal transfini ou non des dérivations nécessaires pour obtenir un ensemble parfait constitue un invariant; un autre est constitué par le nombre des points isolés à la dernière dérivation; ces deux invariants réunis sont caractéristiques*. On peut donc dire que le type d'une variété sans contour Γ est défini par un *couple* formé d'un *ordinal fini ou transfini* et d'un *nombre fini*. Pour les autres variétés, on aurait plusieurs couples de cette sorte.

Pour les variétés sans contour Γ, le nombre fini est analogue à l'ordre de connexion des variétés fermées, le nombre transfini semble indiquer le degré de complication de la connexion infinie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le groupe de la géométrie conforme dans l'espace des fonctions de carré sommable*. Note (¹) de M. **J. Delsarte**, transmise par M. Goursat.

Posons en général

$$[\alpha.\beta] = \int_0 \alpha(s)\,\beta(s)\,ds,$$

(¹) Séance du 3 juin 1929.

α et β étant deux fonctions de l'espace de Hilbert. Une sphère a pour équation dans cet espace

$$a[F^2] - 2[f.F] + b = 0$$

et l'espace conforme, ensemble des sphères de rayon nul, est un espace à $\omega + 1$ dimensions ayant pour éléments la réunion d'une fonction $f(s)$ et de deux nombres vérifiant la condition

$$[f^2] - ab = 0.$$

Si l'on détermine dans l'espace à $\omega + 2$ dimensions $\dfrac{f}{xy}$ les substitutions linéaires invariant la forme quadratique

$$\mathfrak{L}[f/x,y] = [f^2] - xy,$$

substitutions qui seront de la forme

$$\begin{aligned} F &= L[f] + x\alpha(s) + y\beta(s), \\ X &= [f.\gamma] + ux + vy, \\ Y &= [f.\delta] + wx + ty, \end{aligned}$$

où L est une substitution linéaire dans l'espace de Hilbert, on aura en même temps déterminé le groupe conforme, dans cet espace, dont les substitutions seront du type

$$F = \frac{L[f] + [f^2]\beta(s) + \alpha(s)}{[f.\gamma] + [f^2]v + u}$$

Or il est facile, en appliquant la méthode indiquée dans une précédente Note, de déterminer ce groupe linéaire à invariant quadratique dans l'espace à $\omega + 2$ dimensions. Bornons-nous au cas où L est une transformation de Fredholm de seconde espèce. La transformation

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} F(s) &= f(s) + \lambda \int_0^1 k(st) f(t)\, dt + \lambda x \alpha(s) + \lambda y \beta(s), \\ X &= \lambda[f.\gamma] + (1 + \lambda u)x + \lambda v y, \\ Y &= \lambda[f.\delta] + \lambda w x + (1 + \lambda t) y, \end{aligned} \right.$$

admet une transformation inverse dont la matrice est

$$\left\| \begin{array}{c|cc} \lambda \dot{k}(st/\lambda) & \lambda \dot{\alpha}(s/\lambda) & \lambda \dot{\beta}(s/\lambda) \\ \hline \lambda \gamma(s/\lambda) & \lambda \dot{u}(\lambda) & \lambda \dot{v}(\lambda) \\ \lambda \dot{\delta}(s/\lambda) & \lambda \dot{w}(\lambda) & \lambda \dot{t}(\lambda) \end{array} \right\|,$$

les éléments étant des fonctions méromorphes de λ. Nous dirons que cette transformation est la résolvante de (1). Ceci étant posé la méthode indiquée donne le résultat suivant :

On obtient la matrice d'une transformation linéaire de l'espace $E_{\omega+2}$ *correspondant à une transformation conforme de l'espace* $E_{\omega+2}$ *en prenant, pour* $\lambda = +\frac{1}{2}$ *la matrice résolvante de la matrice :*

$$\left\| \begin{array}{c|cc} h(st) & \alpha(s) & \beta(s) \\ \hline -2\beta(s) & -u & 0 \\ -2\alpha(s) & 0 & u \end{array} \right\|,$$

où $h(st)$ est symétrique gauche et où α, β et u sont deux fonctions et une constante arbitraires. On obtient ainsi dans l'espace E_ω un groupe de transformations résolubles, birationnelles, conservant les angles et transformant les sphères en sphères.

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'extension d'un théorème de Maurice Levy.* Note [1] de M. G. **Kolossoff**, présentée par M. A. Mesnager.

Nous désirons attirer l'attention sur une extension du théorème de M. Levy [2] dans les problèmes d'élasticité à deux dimensions, les efforts intérieurs sont indépendants des valeurs attribuées aux coefficients d'élasticité. Soient N_1, N_2, T les tensions; u, v les déplacements; X, Y les projections des forces extérieures; $\Psi = X + iY$, $f = u + iv$; $F(z)$ et $\Phi(z)$ deux fonctions arbitraires de la variable $z = x + iy$. Nous avons donné (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 24; 184, 1927, p. 58) les formules

$$(1)\left\{\begin{aligned} 4\mu f = &-\frac{1}{2} z\,\mathcal{F}_1(z_1) + \frac{\lambda+3\mu}{2(\lambda+\mu)}\int \mathcal{F}(z)\,dz \\ &-\frac{\lambda+3\mu}{2(\lambda+2\mu)}\rho\int\!\!\int \Psi\,dz\,dz_1 + \frac{\lambda+\mu}{2(\lambda+2\mu)}\rho\int\!\!\int \Psi_1\,dz^2 + \Phi_1(z_1) \quad (^3), \\ \mathcal{N}_1 + \mathcal{N}_2 = &\ 2(\lambda+\mu)\left(\frac{\partial f}{\partial z} + \frac{\partial f_1}{\partial z_1}\right) \\ &= \frac{1}{2}[\mathcal{F}(z) + \mathcal{F}_1(z_1)] - \rho\frac{\lambda+\mu}{2(\lambda+2\mu)}\left(\int \Psi\,dz_1 + \int \Psi_1\,dz\right), \\ \mathcal{N}_1 + \mathcal{N}_2 + 2\mathcal{C}i = &\ 4\mu\frac{\partial f}{\partial z_1} = -\frac{1}{2} z\,\mathcal{F}'_1(z_1) - \frac{\lambda+3\mu}{2(\lambda+2\mu)}\rho\int \Psi\,dz \\ &+ \frac{\lambda+\mu}{2(\lambda+2\mu)}\rho\int \frac{\partial \Psi_1}{\partial z_1}\,dz^2 + \Phi'_1(z_1). \end{aligned}\right.$$

---

[1] Séance du 10 juin 1929.

[2] *Comptes rendus*, 126, 1898, p. 1236.

[3] L'indice 1 (en bas) correspond au changement i en $-i$.

1° Dans le cas d'absence des forces extérieures, les équations (1) prennent une forme plus simple

$$(2)\quad \begin{cases} 4\mu f = -\frac{1}{2} z\,\mathcal{F}_1(z_1) + \dfrac{\lambda+3\mu}{2(\lambda+\mu)} \displaystyle\int \mathcal{F}(z)\,dz + \Phi_1(z_1), \\ \mathfrak{N}_1 + \mathfrak{N}_2 = \frac{1}{2}[\mathcal{F}(z) + \mathcal{F}_1(z_1)], \\ \mathfrak{N}_1 - \mathfrak{N}_2 + 2i\mathfrak{T} = -\frac{1}{2} z\,\mathcal{F}'_1(z_1) + \Phi'_1(z_1), \end{cases}$$

et la distribution des efforts ne dépend pas des coefficients λ, μ (théorème de M. Levy) et

$$(3)\quad 2[\mathfrak{N}_1 + \varepsilon(\mathfrak{N}_1 + \mathfrak{N}_2) + i\mathfrak{T}] = -\frac{1}{2} z\,\mathcal{F}'_1(z_1) + \frac{\lambda+3\mu}{2(\lambda+\mu)}[\mathcal{F}(z) + \mathcal{F}_1(z_1)] + \Phi'_1(z_1) \quad \text{où} \quad \varepsilon = \frac{\mu}{\lambda+\mu}.$$

En changeant $\mathcal{F}(z)$ et $\Phi(z)$ en $\frac{1}{2\mu}\int \mathcal{F}(z)\,dz$ et

$$\frac{\lambda+3\mu}{4\mu(\lambda+\mu)} \int \mathcal{F}(z)\,dz + \frac{1}{2\mu}\int \Phi(z)\,dz$$

nous trouvons que $f = u + iv$ a la même loi de distribution que (3), on peut prendre

$$\alpha(N_1 + iT) + \beta(T + iN_2) + (\alpha + i\beta)\,\varepsilon(N_1 + N_2),$$

où α et β sont des constantes arbitraires.

2° En envisageant le cas général, posons

$$\Psi = X - iY = \frac{\partial \chi(z, z_1)}{\partial z},$$

$$X = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial \theta}{\partial y}\right), \qquad Y = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \varphi}{\partial y} - \frac{\partial \theta}{\partial x}\right) \qquad [\chi(z, z_1) = \varphi + i\theta].$$

Par conséquent, de (1),

$$(4)\quad \begin{cases} \mathfrak{N}_1 + \mathfrak{N}_2 = \frac{1}{2}[\mathcal{F}(z) + \mathcal{F}_1(z_1)] - \rho\dfrac{\lambda+\mu}{2(\lambda+2\mu)}(\chi + \chi_1) \\ \qquad = \frac{1}{2}[\mathcal{F}(z) + \mathcal{F}_1(z_1)] - \rho\dfrac{\lambda+\mu}{\lambda+2\mu}\varphi \\ \qquad = \frac{1}{2}[\mathcal{F}(z) + \mathcal{F}_1(z_1)] - 2\rho\varphi + \rho\dfrac{\lambda+3\mu}{2(\lambda+2\mu)}\varphi \\ \mathfrak{N}_1 - \mathfrak{N}_2 + 2i\mathfrak{T} = -\frac{1}{2} z\,\mathcal{F}'_1(z_1) + \dfrac{\partial}{\partial z_1}\Omega + \Phi'_1(z_1), \quad \text{où} \\ \Omega = \dfrac{\lambda+\mu}{2(\lambda+2\mu)}\rho \displaystyle\int \chi\,dz - \dfrac{\lambda+3\mu}{2(\lambda+2\mu)}\rho \displaystyle\int \chi_1\,dz = \rho\left(-\dfrac{\varepsilon}{1+\varepsilon}\displaystyle\int \varphi\,dz + i\displaystyle\int \theta\,dz\right). \end{cases}$$

Dans le cas particulier

$$\chi(z, z_1) = \chi(z).$$

$$\frac{\partial\varphi}{\partial x} = \frac{\partial\theta}{\partial y}, \quad \frac{\partial\varphi}{\partial y} = -\frac{\partial\theta}{\partial x}, \quad X = \frac{\partial\varphi}{\partial x}, \quad Y = \frac{\partial\varphi}{\partial y}, \quad \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} = 0,$$

(5)
$$\begin{cases} \mathcal{N}_1 + \mathcal{N}_2 + 2\rho\varphi = \frac{1}{2} F(z) + F_1(z_1), \\ \mathcal{N}_1 - \mathcal{N}_2 + 2i\mathcal{T} = \frac{1}{2} z F'(z) + \Phi'(z_1), \end{cases}$$

où

$$F(z) = \mathcal{F}(z) + \frac{\lambda + 3\mu}{\lambda + 2\mu}\chi(z)$$

est une fonction arbitraire de z et la distribution des efforts est la même que dans le cas 1°, on a seulement augmenté les tensions (2) par une pression hydrostatique

$$N_1 = N_2 = \rho\varphi, \quad T = 0.$$

Dans le cas général, introduisons un système des tensions N_1, N_2, T en posant

$$N_1 + N_2 = \mathcal{N}_1 + \mathcal{N}_2 + \rho\frac{\lambda + \mu}{\lambda + 2\mu}\varphi = \mathcal{N}_1 + \mathcal{N}_2 + \frac{\rho\varphi}{1 + \varepsilon},$$

$$\begin{aligned} N_1 - N_2 + 2iT &= \mathcal{N}_1 - \mathcal{N}_2 + 2i\mathcal{T} - \frac{\partial\Omega}{\partial z_1} \\ &= \mathcal{N}_1 - \mathcal{N}_2 + 2i\mathcal{T} + \rho\left(\frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon}\int\frac{\partial\varphi}{\partial z_1}\,dz - i\int\frac{\partial\theta}{\partial z_1}\,dz\right) \\ &= \mathcal{N}_1 - \mathcal{N}_2 + 2i\mathcal{T} + \rho\int(X + iY)\,dz - \frac{\rho}{1 + \varepsilon}\int\frac{\partial\varphi}{\partial z_1}\,dz. \end{aligned}$$

On trouve, au moyen de (4), que la distribution des efforts N_1, N_2, T est la même que dans le cas 1°.

3° Il s'ensuit, de 1° et de 2°, que la distribution des efforts dans le cas le plus général se réduit, au cas 1°, d'absence des forces extérieures. En modifiant les conditions à la frontière, on obtient une solution pour le cas des forces extérieures données.

Nous indiquerons prochainement de nombreux exemples dans un autre Recueil.

AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur un dispositif de tunnel aérodynamique pour l'étude de l'écoulement à deux dimensions.* Note de M. A. **Martinot-Lagarde**, présentée par M. A. Cotton.

1. En aérodynamique, le problème de l'écoulement à deux dimensions est intéressant à la fois par sa simplicité d'énoncé, ses relations avec les théories et par son importance technique : pour bien connaître les qualités d'une aile d'avion, il faut déterminer par l'expérience les qualités de l'aile indéfinie de même profil, afin de savoir ce qu'on doit d'une part au profil, d'autre part à l'allongement et à la forme des extrémités.

Il faut donc pouvoir mesurer au tunnel aérodynamique la force exercée par l'air sur des obstacles cylindriques, de génératrices perpendiculaires au vent, et occupant toute la largeur de la veine d'air. Il serait plus rigoureux de placer des obstacles d'envergure plus petite, mais prolongés jusqu'aux limites de la veine par des obstacles « de garde » de même profil.

2. Lorsque les supports qui relient l'obstacle à la balance aérodynamique sont dans la veine, on établit ces supports de façon que leur présence trouble le courant d'air le moins possible, et l'on mesure la force qu'ils subissent seuls. Mais la force subie par l'ensemble obstacle + supports diffère de la somme des résistances individuelles d'une quantité inconnue. Si l'obstacle occupe toute la largeur de la veine on en profitera naturellement pour éliminer cette indétermination en plaçant les supports à l'extérieur du tunnel.

3. Les forces subies par une aile indéfinie sont déterminées par son profil, par la vitesse moyenne de l'air et par la turbulence, celle-ci étant le vecteur différence entre la vitesse réelle et la vitesse moyenne, vecteur fonction de l'espace et du temps.

Ces mêmes facteurs déterminent la forme des lignes de courant.

Des relations doivent exister entre la forme des lignes de courant aux différentes incidences et la polaire de l'aire. Pour les étudier, il faut pouvoir, pour chaque incidence, mesurer les forces aérodynamiques et avoir immédiatement le spectre des lignes de courant.

4. Nous avons réalisé en petit un dispositif permettant de répondre aux questions précédentes :

Sur un tunnel aérodynamique à chambre d'expériences fermée et de section *carrée*, nous avons monté une balance à laquelle on suspend, par des

supports extérieurs à la veine, des modèles de profil uniforme et allant d'une paroi à l'autre de la chambre. La rentrée d'air par les trous de passage des supports est rendue très faible par des chicanes.

Les parois de chambre où aboutissent les extrémités du modèle sont constituées par des glaces transparentes. Les supports du modèle sont aussi en glace, de façon qu'ils ne portent pas ombre sur le spectre aérodynamique.

G. Sagnac [1] avait employé la méthode des stries, avec un appareil interférentiel, pour observer le trouble produit par une petite hélice dans un jet de gaz. Nous avons utilisé un procédé moins sensible, mais facilement applicable à un champ plus grand, pour rendre visibles les lignes de courant : des lames d'air chaud sont produites par une nappe de fils tendus en amont du modèle, parallèlement à ses génératrices et chauffés électriquement. La veine est éclairée en lumière parallèle aux génératrices du modèle. Les lames d'air chaud forment lentilles cylindriques divergentes et portent ombre sur un écran ou une plaque photographique. Cette méthode est très souple : on peut, à volonté, réduire au minimum le trouble causé par le chauffage en diminuant le courant électrique jusqu'à la plus petite valeur qui permette l'observation.

Détails de réalisation. — Le tunnel est du type Eiffel; la chambre est précédée d'un collecteur rendant uniforme la vitesse de l'air. L'axe du tunnel est horizontal. La chambre a 20×20^{cm} de section, 25^{cm} de longueur. A son entrée est fixé un « filtre » de 5^{cm} de profondeur et à mailles de 2×2^{cm}.

La balance est constituée par deux balances Roberval : le modèle est suspendu au fléau d'une des balances; celle-ci a pour support un plateau de l'autre. La précision sur la mesure des forces horizontales et verticales est de $0^{g},05$. La sensibilité peut être diminuée à volonté pour la commodité des mesures aux plus grandes vitesses.

Les génératrices du modèle sont horizontales.

Les fils chauffants sont en nichrome de diamètre $0^{mm},15$. Ils sont tendus par des ressorts, en aval du filtre, et espacés de 2 en 2^{cm}, à hauteur du milieu des intervalles entre les lames horizontales du filtre.

La source de lumière est le cratère d'un arc de 3 ampères placé au foyer d'un miroir concave de longueur focale 230^{cm}.

Pour une vitesse de 10 m/sec. par exemple, avec un courant de 1,6 ampère dans les fils, les lames d'air chaud sont visibles sur une longueur de 14^{cm} à partir des fils. Ce chauffage fait varier les forces aérodynamiques de moins de 2 pour 100.

---

(1) *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 90.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *La théorie nouvelle de M. Einstein et la théorie des quanta.* Note [1] de M. I. Tamm, présentée par M. Hadamard.

1. L'équation ondulatoire donnée par M. Dirac a, dans le cas de l'absence de champs de force, la forme

$$\text{(1)} \qquad F\psi = ({}^s\alpha p_s + imc)\psi = 0.$$

α^s désignent les composantes d'un « q-vecteur » constant, qui sont liées entre elles par les relations connues

$$\text{(2)} \qquad {}^s\alpha\,{}^q\alpha + {}^q\alpha\,{}^s\alpha = Q\,\delta_{qs}.$$

Pour passer au cas où un champ électromagnétique est présent, on n'a (Dirac) qu'à remplacer l'opérateur $p_s = -\frac{ih}{2\pi}\frac{\partial}{\partial x^s}$ par $p_s + \frac{e}{c}\Phi_s$, Φ_s étant les composantes du potentiel électromagnétique.

Quant à nous, faisant usage de la notion des « 4-èdres » (« 4-Beine ») parallèles, qui est caractéristique pour la théorie nouvelle de M. Einstein, nous partons de l'hypothèse suivante : les composantes du q-vecteur α, prises le long des 4-èdres parallèles, ont dans tous les cas les valeurs constantes connues, et *l'équation ondulatoire conserve dans un champ quelconque la même forme simple* (1) *qu'elle a en l'absence des champs de force.*

On doit observer que les composantes $\alpha^\nu = {}_sh^\nu . {}^s\alpha$ du vecteur α, prises le long des axes des coordonnées gaussiennes [2], seront en général variables. Si ${}_sh^\nu$ et en conséquence α^ν sont constantes, on a évidemment $\alpha^\nu p_\nu\psi = p_\nu\alpha^\nu\psi$ et l'équation (1) peut être écrite sous la forme générale

$$\text{(3)} \qquad F\psi = (c_1\alpha^\nu p_\nu + c_2 p_\nu\alpha^\nu + imc)\psi = 0,$$

c_1 et c_2 étant deux constantes arbitraires dont la somme est égale à 1. Mais si ${}_sh^\nu$ et α^ν sont variables, le choix des valeurs de c_1 et c_2 devient une question essentielle. Pour assurer la réalité des nombres caractéristiques de l'équation (3) et des valeurs correspondantes de la densité et du courant électrique, c_2 doit être égale à l'imaginaire conjuguée de [3] c_1, c'est-

---

[1] Séance du 15 avril 1929.

[2] ${}_sh^\nu$ sont les composantes des « 4-èdres » einsteiniennes le long des axes des coordonnées x^ν.

[3] Dans une Note récente (*Amsterd. Proc.*, 32, 1929, p. 3), j'ai eu le tort de ne pas observer cette condition importante.

à-dire que, en tenant compte de la condition $c_1 + c_2 = 1$, on doit poser

$$c_1 = \frac{1 + in}{2}, \qquad c_2 = \frac{1 - in}{2}, \tag{4}$$

n étant un nombre réel arbitraire.

Enfin, dans le cas général, on doit évidemment attribuer à p_ν le sens d'une différentiation *covariante*, notamment de la différentiation *Riemannienne*. Cela devient évident si l'on déduit l'équation ondulatoire d'un principe minimal.

2. En tenant compte des relations connues de M. Einstein,

$$g_{\alpha\nu} = \sum_s {}^s h_\mu {}^s h_\nu, \qquad \Lambda^\lambda_{\mu\nu} = \frac{1}{2} {}_s h^\lambda \left(\frac{\partial^s h_\mu}{\partial x^\nu} - \frac{\partial^s h_\nu}{\partial x^\mu} \right)$$

et de la relation (2), on obtient aisément

$$p_\nu \alpha^\nu - \alpha^\nu p_\nu = 2 i \mathrm{K} \alpha^\nu \Lambda^\sigma_{\nu\sigma} = 2 i a \mathrm{K} \alpha^\nu \Phi_\nu, \tag{5}$$

où a désigne un coefficient universel de proportionnalité entre $\Lambda^\sigma_{\nu\sigma}$ et Φ_ν

(où $\mathrm{K} = h : 2\pi$).

Ainsi l'équation (3) peut être écrite sous la forme

$$\mathrm{F}\psi = \alpha^\nu [p_\nu + (1 - in) i a \mathrm{K} \Phi_\nu] \psi + imc\psi = 0. \tag{6}$$

3. Pour comparer nos résultats avec l'équation de Schrödinger, on doit passer de (3) ou de (6) à une équation du second ordre. Si l'on pose

$$na = \frac{e}{c\mathrm{K}} = \frac{2\pi e}{ch}, \tag{7}$$

on obtient par un calcul assez simple

$$\left\{ \begin{aligned} &\mathrm{F}^x \mathrm{F}\psi = \mathrm{D}\psi - \frac{1 - 2in}{n^2} \frac{e^2}{c^2} \Phi^\mu \Phi_\mu \psi + \left(\frac{1}{n} - i \right) \frac{e\mathrm{K}}{c} \Phi^\nu; \\ &\qquad {}_\nu\psi + \alpha^\mu \alpha^\nu \left(\frac{e\mathrm{K}}{2nc} \mathrm{F}_{\mu\nu} \psi + \Lambda^\lambda_{\mu\nu} \frac{\partial\psi}{\partial x^\lambda} \right) = 0, \end{aligned} \right. \tag{8}$$

où $\mathrm{D}\psi = 0$ désigne l'équation Schrödinger-Dirac,

$$\begin{aligned} \mathrm{D}\psi = \mathrm{K}^2 g^{\mu\nu} &\left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^\mu \partial x^\nu} - \left\{ \begin{matrix} \mu\nu \\ \lambda \end{matrix} \right\} \frac{\partial\psi}{\partial x^\lambda} \right) \\ &+ \frac{2ie\mathrm{K}}{c} \Phi^\mu \frac{\partial\psi}{\partial x^\mu} - \frac{e^2}{c^2} \Phi^\mu \Phi_\mu \psi - m^2 c^2 \psi + \frac{ie\mathrm{K}}{2c} \alpha^\mu \alpha^\nu \mathrm{F}_{\mu\nu} \psi = 0. \end{aligned} \tag{9}$$

La différence entre (8) et (9) est du second ordre de grandeur. Elle sera

négligeable si $n \geq 1$, car d'une part $\Phi^{\nu}; \nu$ est en première approximation égal à zéro, et de l'autre le second membre de (8) n'affecte pas, du moins dans un champ électrique coulombien, les valeurs des nombres caractéristiques [1]. Il est vrai que nous ne pouvons pas à présent déterminer les valeurs exactes des constantes n et a, mais seulement leur produit (7).

Pour vérifier l'équation (8), il faudrait calculer la structure fine du spectre de l'hydrogène. Cependant ce calcul ne pourrait être effectué qu'après avoir été calculé d'après la théorie einsteinienne le champ électrique d'un corpuscule chargé (noyau de l'atome), car on n'est pas sûr que ce champ ne diffère pas du champ coulombien.

4. En résumé, nous avons obtenu, en partant d'une hypothèse très simple, une équation ondulatoire rationnelle. D'autre part dans la théorie nouvelle de M. Einstein, ni l'équation de la géodésique la plus courte ni de la géodésique la plus droite ne coïncident avec l'équation du mouvement d'un corpuscule chargé. Il semble ainsi, que la théorie nouvelle porte les traits caractéristiques de la mécanique ondulatoire et non de la mécanique corpusculaire.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les Notations de la Thermodynamique.* Note de M. G. **Bruhat**, présentée par M. Cotton.

1. On a constamment à considérer en Thermodynamique le rapport de deux des quantités dx, dy, dz, du (variations de température, de pression, de volume, quantités de chaleur, de travail, etc.) relatives à une transformation élémentaire. Un tel rapport se présente comme le quotient de deux différentielles; comme l'a fait remarquer M. Raveau, il doit être noté comme tel, *sans qu'on ait à faire une différence entre ceux de ces quotients qui ont ou n'ont pas pour limites des dérivées partielles.*

Je propose de représenter les quantités relatives à une transformation dans laquelle dz est nul par les notations dx_z, dy_z, du_z, et les quotients diffé-

[1] Ce dernier point peut être vérifié par un calcul de perturbation. En général, si l'on veut examiner dans la théorie de M. Einstein le champ électrique en négligeant le champ gravitionnel, on peut poser

$$ {}_{s}h^{\nu} = \delta_{s\nu} + 2a\eta_{s\nu}, \qquad \eta_{s\nu} = -\eta_{\nu s} \qquad (\chi^{4} = ict). \tag{10}$$

En négligeant les secondes puissances des $\eta_{s\nu}$ on vérifie aisément, que $g_{\mu\nu} = \delta_{\mu\nu}$ et que $\eta_{\mu\nu}$ est égal au tenseur hertzien.

rentiels qu'elle définit par dy_z/du_z, etc. Cette notation ne précise pas quelle quantité définit la transformation ; si c'est dx, je dirai que dx est la variable indépendante, et je l'écrirai sans indice : les trois quotients différentiels dy_z/dx_z, dy_z/dx et dy/dx_z représentent le même coefficient, écrit avec des variables indépendantes différentes.

Soient deux transformations MN ($dx=0$) et MP($dy=0$) correspondant à la même valeur dz prise comme variable indépendante ; il leur correspond deux quantités dy_x et dx_y, dont le rapport définit un nouveau quotient différentiel, que je représenterai par $(dy_x/dx_y)_{dz}$. Il est évident que la résultante de l'une des transformations envisagées et de l'autre changée de sens est une transformation pour laquelle $dz=0$, autrement dit qu'on a l'identité fondamentale :

$$\left(\frac{dy_x}{dx_y}\right)_{dz}=-\frac{dy_z}{dx}. \tag{1}$$

2. La transformation NP correspond à $\delta z=0$, $\delta x_z=dx_y$, $\delta y_z=-dy_x$ et $\delta u_z=du_y-du_x$. Elle définit les quotients différentiels :

$$\frac{\delta u_z}{\delta x_z}=\left(\frac{du_y-du_x}{dx_y}\right)_{dz}, \tag{2}$$

$$\left(\frac{\delta u_x}{\delta x_u}\right)_{\delta z}=\left(\frac{du_x-du_y}{dx_y}\right)_{dz}, \tag{3}$$

le passage de (2) à (3) étant obtenu à l'aide de (1).

Considérons, avec MP ($dy=0$), deux transformations MN et MQ, correspondant toutes deux à $dx=0$, et définies respectivement par les mêmes valeurs de dz et du que MP ($dz_{MN}=dz_{MP}$, $dy_{MQ}=dy_{PQ}$, $dy_{MN}=dy_{PN}$). Les deux transformations MN et MQ définissent le même quotient différentiel dz_x/dy_x, ce qu'on peut traduire par l'identité des rapports dz_{MQ}/dz_{MN} et dy_{MQ}/dy_{MM}, c'est-à-dire des rapports dz_{MQ}/dz_{MP} et dy_{PQ}/dy_{PN}. Comme on a $du_{MQ}=du_{MP}$ et $dx_{PN}=dx_{PQ}$, cette identité s'écrit, avec mes notations

$$\left(\frac{dz_x}{dz_y}\right)_{du}=\left(\frac{dy_u}{dy_z}\right)_{dx}. \tag{4}$$

Les identités (1) *à* (4) *sont de simples et banales identités algébriques*, qui peuvent être appliquées quelles que soient les grandeurs représentées par les quantités dx, dy, dz, du ; on peut faire entre ces différentielles toutes les permutations possibles, *qu'elles soient différentielles totales ou non*. On obtient ainsi des relations entre des quotients différentiels qui peuvent être des coefficients de dilatation ou de compressibilité, des capacités calorifiques ou

électriques, etc. : on en trouvera des exemples dans une Note antérieure de M. Raveau ([1]).

Je me contenterai ici, à titre d'exemple, de signaler qu'en y remplaçant x, y, z, u successivement par v, p, t, Q et par p, v, t, Q, l'identité (2) fournit les expressions classiques $l = (C - c)\,dt/dv_p$ et $h = -(C - c)\,dt/dp_v$, et qu'en remplaçant x, y, z, u par Q, v, t, p dans l'identité (3) et par p, v, Q, t dans l'identité (4) on obtient l'identité de Clément et Desormes et l'identité de Reech

$$\left(\frac{dQ_p}{dQ_v}\right)_{dt} = \left(\frac{dp_Q}{dp_Q - dp_v}\right)_{dt}, \tag{5}$$

$$\left(\frac{dQ_p}{dQ_v}\right)_{dt} = \left(\frac{dv_t}{dv_Q}\right)_{dp}. \tag{6}$$

3. La notation que je propose ici se prête particulièrement bien à l'établissement des *relations du premier ordre* par la méthode du cycle triangulaire indiquée par M. Raveau ([2]). Si les deux côtés MN ($dv = 0$) et MP ($dp = 0$) correspondent à un même dT, et le côté NP à la quantité de chaleur δQ_T, le théorème de Carnot s'exprime par la relation $T\,dp_v\,dv_p = J\,\delta Q_T\,dT$, et en tenant compte de l'une ou l'autre des trois relations $\delta v_T = dv_p$, $\delta p_T = -dp_v$, $\delta Q_T = dQ_p - dQ_v = (C - c)\,dT$, on obtient immédiatement les trois formules classiques

$$J\frac{\delta Q_T}{\delta v} = T\frac{dp_v}{dT}, \qquad J\frac{\delta Q_T}{\delta p} = -T\frac{dv_p}{dT}, \qquad J(C - c) = T\frac{dp_v}{dT}\frac{dv_p}{dT}. \tag{7}$$

4. L'introduction des différentielles secondes permet d'établir les *relations du second ordre*, en utilisant le fait que les relations (7) sont exactes au second ordre près lorsque les transformations (d et δ) qui y définissent les deux quotients différentiels ont même milieu λ. Soit un cycle quadrangulaire ABCDA (AB et CD isothermes, BC et DA isochores). Les deux quantités dQ_v relatives à BC et AD correspondent au même intervalle de température; leur somme algébrique est un infiniment petit du second ordre, que je désignerai par $d^2Q_{v,T}$. Les quantité dQ_T/T relatives à AB et CD sont, d'après (8), les produits par $dv/J\,dT$ de deux différentielles dp_v qui correspondent, pour la même valeur de v, à deux températures distantes de dT et dont la somme algébrique est $d^2p_{v^2}$. La relation $\Sigma\,dQ/T = 0$ fournit ainsi la relation classique

$$\frac{d^2Q_{v,T}}{T} = \frac{1}{J}\frac{dv}{dT}d^2p_{v^2}. \tag{8}$$

([1]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1121 et 1228.

([2]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1265.

PHYSIQUE. — *Introduction d'un vecteur charge électrique. Application à la synthèse des théories de l'électromagnétisme, de la lumière et de la gravitation.* Note de M. E. **Sevin**, présentée par M. d'Ocagne.

Dans la théorie descriptive qui a fait l'objet de nos précédentes publications ([1]), la coordination des phénomènes repose en particulier sur l'intervention, dans les rapport de l'électron et de l'éther, d'une force $\vec{p}$ de grandeur invariable et dont la direction est axiale, relativement à notre univers, lorsque l'électron est au repos. Une vitesse absolue $\vec{v}$ ([2]), de celui-ci, provoque une rotation η du vecteur $\vec{p}$, dans la direction de cette vitesse, telle que $\sin\eta = \frac{v}{c}$, expression où c désigne la vitesse de la lumière.

D'après nos vues, la force $\vec{p}$ est d'origine électrique et une conséquence d'importance capitale en découle immédiatement : l'ensemble des manifestations de l'électricité conduit à attribuer, à la charge de l'électron, des propriétés vectorielles, le vecteur charge électrique $\vec{e}$ a même direction que le vecteur $\vec{p}$ et sa grandeur est invariable, tout comme celle de ce dernier.

Il s'ensuit que, dans le cas où l'électron est au repos, la direction de $\vec{e}$ est axiale par rapport à notre univers et cela caractérise l'existence d'un champ purement électrostatique. Quand l'électron est animé d'une vitesse absolue $\vec{v}$, $\vec{e}$ peut être décomposé en un premier vecteur axial $\overrightarrow{e\cos\eta} = e\overrightarrow{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ et en un second, qui se trouve compris dans notre univers où il a même direction que $\vec{v}$; l'expression de ce dernier est

$$(1) \qquad \overrightarrow{e\sin\eta} = e\frac{\vec{v}}{c}.$$

Rappelons maintenant que nous avons montré que, lorsqu'une charge se déplaçait avec une vitesse absolue $\vec{v}$, on pouvait, tout en conservant la notion de temps absolu, rapporter les phénomènes électromagnétiques à un système de référence S′ lié à cette charge et orthogonal à $\vec{p}$; ce système com-

([1]) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 290, 911 et 986.
([2]) Bien entendu, nous entendons par là une vitesse par rapport à l'éther.

porte ainsi une définition géométrique très précise, mais il n'est pas compris dans notre univers. Les trois premières formules de transformation, qui permettent de passer de ce système S′ à un système S lié à l'éther au repos, ne sont autres que celles de Lorentz; quant à la quatrième, elle comporte une vitesse de la lumière c' qui est fonction de c et de v. Enfin, nous avons également montré que, tout en maintenant aux résultats leur valeur mathématique, il était possible d'immobiliser l'électron, dans le système S′, par rapport à un éther fictif, à condition de remplacer le temps absolu t par le temps relatif t'. Cela revient à écrire $c't = ct'$ et la quatrième équation du groupe se confond alors avec celle de Lorentz.

De ce que les vecteurs $\vec{p}$ et $\vec{e}$ sont normaux à l'univers théorique qui correspond à S′ et des indications données plus haut, il résulte qu'il se manifeste, dans cet univers, un champ purement électrostatique. Mais, bien entendu, l'existence de ce champ est elle-même toute théorique; pour rétablir les réalités physiques, il faut considérer les choses du système S et l'on sait que l'on arrive alors, déductivement, à un champ mixte où le vecteur magnétique a pour expression

$$\vec{H} = \left[e\frac{\vec{v}}{c}, \frac{\vec{1}}{r^2} \right].$$

Le premier facteur de ce produit n'est autre que le vecteur (1) et il apparaît ainsi que la formation d'un champ magnétique, par une charge en mouvement, dérive, de la façon la plus simple que l'on puisse imaginer, du vecteur charge électrique et, par conséquent, du vecteur $\vec{p}$ qui lui est proportionnel.

La loi de Biot et Savart conduit à un résultat tout aussi concluant. On l'obtient encore d'une façon déductive

$$\vec{F} = \left[e\frac{\vec{v}}{c}, \vec{H} \right];$$

mais, dans cette formule, le premier facteur est naturellement relatif à la charge qui se meut dans le champ magnétique.

Ainsi se trouvent précisées les conséquences de l'intervention d'une constante pour la vitesse de la lumière : dans les équations de Maxwell, les formules du groupe de Lorentz et à la base même de la doctrine relativiste. De plus, l'électromagnétisme prend alors place, dans notre logique synthétique, à côté de la lumière et de la gravitation.

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Étude photométrique de l'effet Raman.* Note de M. **Pierre Daure**, présentée par M. A. Cotton.

1°. *Mesure du rapport r entre l'intensité d'une raie Raman positive et l'intensité de la raie négative correspondante de même excitation.* — D'après le processus d'émission donné par M. Raman [1] le rapport r est indépendant du milieu et est donné par la relation :

$$r = e^{-\frac{hc}{kT}n_j} = e^{-\frac{hc\mathfrak{N}}{RT}n_j}, \tag{1}$$

h, constante de Planck, c vitesse de la lumière;

k, constante de Boltzmann $= \frac{R}{\mathfrak{N}}$, R constante des gaz parfaits;

$\mathfrak{N}$, nombre d'Avogadro, T température absolue;

n_j, fréquence caractéristique en nombre d'ondes au centimètre (différence entre la fréquence excitatrice et la fréquence de la raie Raman, exprimées avec la même unité).

Les mesures ont porté sur les raies Raman des chlorures liquides ($AsCl^3$, PCl^3, CCl^4) excitées par la radiation 4358 Å du mercure. Leur résultat montre que, à l'approximation admise (le $\frac{1}{10}$) la relation (1) est vérifiée [2].

Il convient de remarquer que, dans l'intervalle d'erreur indiqué, les résultats expérimentaux sont tous inférieurs aux valeurs théoriques correspondantes; autrement dit que la vérification serait meilleure en prenant pour $\mathfrak{N}$ la valeur $6,6.10^{23}$ au lieu de $6,05.10^{23}$.

Cette conclusion ne peut cependant être affirmée, l'écart envisagé étant à la limite de la précision des mesures.

2° *Variation de l'intensité d'une raie Raman, de fréquence caractéristique donnée, avec la fréquence excitatrice.* — J'ai comparé aux intensités des raies diffusées produites par les radiations 5460, 4358 Å du mercure, les intensités de raies Raman négatives, excitées par ces mêmes radiations et de même fréquence caractéristique. Les mesures ont porté sur les raies les plus fortes de quelques chlorures liquides ($AsCl^3$. CCl^4).

J'ai observé que les intensités des raies Raman étaient proportionnelles aux intensités des raies diffusées.

Les intensités des raies diffusées, croissant avec la quatrième puissance

(1) C. V. Raman et K. S. Krishnan, *Ind. Jour. of Phys.*, 2, 1928, p. 399.

(2) J'ai donné aux constantes la formule théorique les valeurs généralement admises.

de la fréquence excitatrice, on peut en conclure que, dans l'intervalle précité et à l'approximation des mesures (le $\frac{1}{20}$), *l'intensité d'une raie Raman de fréquence caractéristique donnée varie proportionnellement à la quatrième puissance de la fréquence excitatrice* (¹).

3° *Comparaison des intensités de raies Raman de quelques composés aux intensités des raies de diffusion correspondantes.* — J'ai comparé aux intensités diffusées par la radiation 4358 Å du mercure, les intensités des raies Raman négatives de quelques liquides organiques et minéraux.

On peut conclure de ces résultats que dans certains cas l'énergie émise par effet Raman atteint le $\frac{1}{10}$ de l'énergie émise par diffusion moléculaire (C^6H^{12}, $AsCl^3$).

Je me suis servi de ces résultats pour comparer les fréquences caractéristiques du cyclohexane aux fréquences d'absorption que l'on peut déduire de l'étude de son spectre d'absorption infrarouge (²).

J'ai observé ainsi que la plupart des fréquences d'absorption infrarouge coïncident avec les fréquences caractéristiques; mais que les intensités relatives sont très différentes dans les deux phénomènes. Alors que la bande d'absorption infrarouge $3^\mu,5$ est moins accusée que ses voisines, les raies Raman correspondantes [raies *h* (³)] sont de beaucoup les plus intenses du spectre de ce carbure. Cette observation, qui paraît s'appliquer à tous les carbures saturés, infirme l'hypothèse émise par MM. Pringsheim et Czerni (⁴), d'après laquelle les raies Raman de grande fréquence caractéristique seraient émises avec moins d'intensité que les raies de faible fréquence.

(¹) Une mauvaise interprétation du fond continu du cliché m'avait conduit à un résultat différent. Les chiffres donnés sur ce sujet dans ma publication : (*Comptes rendus* 187, 1928, p. 826), sont erronés.

(²) Jean Lecomte, *Thèse*, 1924, p. 90.

(³) Daure, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1492.

(⁴) M. Czerni a comparé le spectre d'absorption infrarouge au spectre Raman du quartz. (*Zeitschrift für Physik*, 53, 1929, p. 317).

SPECTROSCOPIE. — *Bandes ultraviolettes du soufre.*
Note de M. J. **Gilles**, présentée par M. A. Cotton.

Graham (¹) et surtout Henri et Tèves (²), à la suite de leurs travaux sur les spectres d'absorption de la vapeur de soufre à différentes températures et pressions, ont déterminé la nature des édifices moléculaires qui absorbaient les différents groupes de bandes de tout le spectre. Ainsi, d'après Henri et Tèves, la région de $\lambda 2794$-$\lambda 2592$ formée de bandes étroites continues sans structure fine, et la région $\lambda 2592$-$\lambda 2475$ formée de bandes larges et continues, correspondent à la molécule S_2 à l'état de prédissociation. Plus récemment, Rosen (³) a étudié également le spectre moléculaire du soufre, par fluorescence, absorption et émission. Il a ajouté, aux bandes publiées, de nombreuses têtes de bandes nouvelles, et classé quelques-unes d'entre elles.

En étudiant les spectres de raies de S, j'ai remarqué dans l'ultraviolet lointain, quelques têtes de bandes non connues. J'en ai fait le relevé, en faisant passer la décharge d'un circuit sans condensateur ni coupure, dans une atmosphère de S à faible pression. Du soufre en poudre était chauffé sur le passage de la décharge d'un circuit, dans un tube de silice. Ces bandes, dégradées vers le rouge, paraissent formées seulement de branches P et R. On y voit nettement l'emplacement de la raie nulle.

Elles sont données dans le tableau suivant, dont la disposition est suggérée par les différences de fréquence de leurs têtes.

		(4) 45651	
	(4) 43477	(3½) 43010	(1½) 42497
(3½) 41322	(3) 40874	(2) 40406	

Aux têtes de bandes précédentes, se rattachent les suivantes. Celles-ci sont beaucoup plus faibles et les raies composantes plus serrées

		{ (½) 45516 ou { (½) 44993	
	(½) 43252	(½) 42761	(0) 42261
(½) 41055	{ (½) 40638 ou { (0) 40586	{ (0) 40149 ou { (0) 40093	

Les bandes 41322 et 41055 ont seules été relevées par Rosen.

(¹) J.-I. Graham, *Proc. Roy. Soc.*, A. 84, 1910, p. 311.
(²) V. Henri et M.-C. Tèves. *Comptes rendus*, 179. 1924. p. 1156.
(³) B. Rosen, *Zeit. f. Phys.*, 43, 1927, p. 69, et 48, 1928, p. 545.

J'ai également obtenu les systèmes suivants formés de bandes beaucoup plus intenses. Leurs têtes ne sont pas simples, et leur structure fine est très difficile à déceler. Ces bandes sont à distinguer nettement du système précédent

(3) 39839,7	(7) 38811,7	(5) 37542,4	(3) 36289,0?
(2) 39830,5	(7) 38809,1	(5) 37536,8	(3) 36280,0?
	(6) 38796,9	(5) 37524,0	(3) 36266,8
(3) 39621,5	(4) 38367,7	(3) 37309,0	(1) 35889,1
(2) 39611,0	(3) 38560,7	(3) 37301	(1) 35871
(3) 39378,6	(2) 38361,2	(2½) 37117,3	(0) 35685,8
(2) 39367,7	(1) 38348,3	(2) 37103,9	(0) 35672,1
(2) 39114,5	(1) 38132,5	(2) 36904,3	(0) 35463,0
(1) 39107,7	(0) 38121,3	(1) 36888,3	(0)
(1) 38859,5		(1½) 36663,5	
(0)		(1) 36653,5	
		(1) 36430,6	
		(0) 36420,8	

Ces différentes bandes sont émises par la vapeur S_2 à température élevée, et il semble que d'autres bandes, de plus courtes et de plus grandes longueurs d'onde, se rattachent aux systèmes précédents. Mais du côté du rouge, elles sont noyées dans un autre groupe de bandes commençant à λ 2827,85 et dont voici les principales :

(1) 35432,3	(4) 34612,3	(5) 33837,9	(2) 33041,5
(2) 35333,5	(4) 34610,4	(5) 33836,1	(2) 32715
(1½) 34982,4	(2) 34264,7	(6) 33432,8	....
(3) 34948,5	(4) 34230,1	(5) 33187,9	

Quelques-unes de ces têtes paraissent avoir été menées par Rosen; cependant ses nombres sont assez différents des précédents.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur un procédé de photométrie photoélectrique avec source de rayonnement variable.* Note (¹) de M. **Trajan D. Gheorghiu**, présentée par M. A. Cotton.

Koch (²), Halban (³) et d'autres physiciens (⁴) ont fait des mesures de rayonnement exactes à quelques millièmes près, en employant des sources de lumière considérées comme constantes, par exemple des lampes électriques à filament. Les mêmes auteurs ont pu obtenir de bons résultats dans des mesures d'absorption avec des sources non constantes constituées par des arcs au mercure en mettant en opposition deux cellules presque identiques, chacune recevant une fraction du faisceau émergeant de la source. Les variations des faisceaux produisent, si elles sont petites, des variations de courants photoélectriques qui se compensent.

C'est ainsi qu'on peut comparer deux transparences égales : il suffit de substituer dans l'un des faisceaux le coin photométrique ou des étalons absorbants à la substance à étudier jusqu'au moment où la compensation est rétablie, ce qu'indique un électromètre branché sur le fil qui réunit les cellules.

Ces méthodes exigent des cellules presque identiques et des étalons absorbants, deux choses difficiles à obtenir. Pour permettre des mesures dans tous les cas avec une source instable, nous avons réalisé le dispositif suivant, qui, au bout de nombreux et longs essais, a atteint un degré de précision égal à celui qu'on peut obtenir avec une source constante. Il consiste en deux cellules photoélectriques reliées chacune à un électromètre (*fig.* 1).

Le faisceau émergeant d'un arc à vapeur de mercure (H) est d'abord monochromatisé (S), puis dédoublé par une lame semi-transparente (l). Chacun des nouveaux faisceaux agit sur une cellule.

Ces cellules C_1 et C_2 produisent alors des courants photoélectriques, que nous compensons par des courants pris sur des potentiomètres $P_{1,2}$ alimentés par des courants très stables. Si nous fixons la valeur du courant de compensation pour une des cellules, celle-ci C_2 servira comme indicatrice et son électromètre E_2 ne sera au zéro que lorsque le faisceau qui

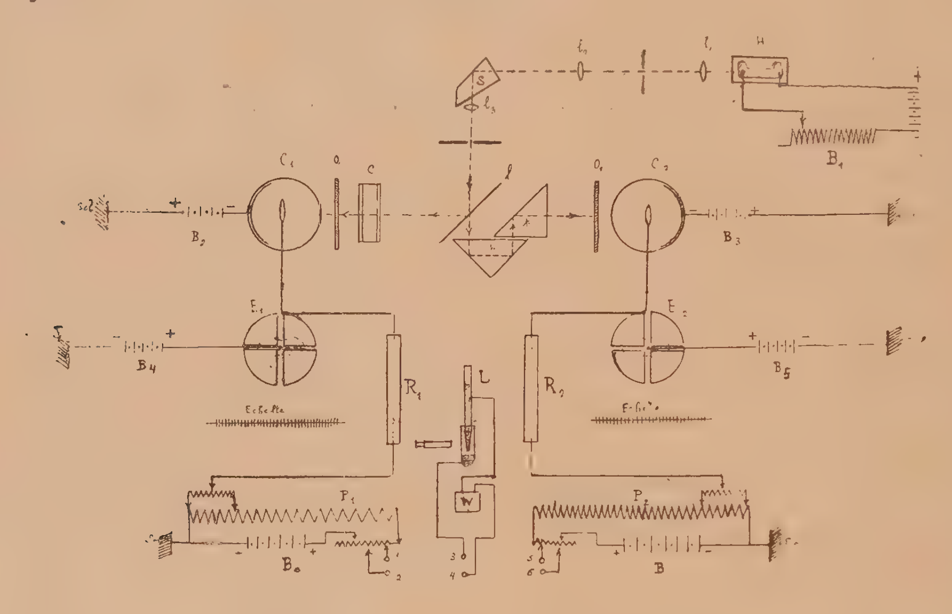
(¹) Séance du 10 juin 1929.

(²) P. P. Koch, *Ann. der Physik*, 39, 1912, p. 705.

(³) Halban und Geigel, *Zts. ph. Ch.*, 96, 1920, p. 214.

(⁴) Voir bibliographie dans *Zts. ph. Ch.*, 96, 1920, p. 214.

tombe sur elle reprend la valeur initiale : c'est la cellule de contrôle C_2. A ce moment le second faisceau, et par conséquent le faisceau total, reprennent aussi leurs valeurs initiales. Ce second faisceau peut à ce moment être employé pour des mesures photométriques, comme s'il venait d'une source constante. Les courants photoélectriques qu'il produit sont ainsi mesurés par des courants de compensation. On varie l'intensité du rayonnement en manœuvrant le rhéostat B_1 de la source.



Il faut employer des faisceaux monochromatiques pour éviter les erreurs provenant de la répartition de l'énergie dans le spectre et travailler assez vite afin que la fatigue photoélectrique des cellules ne se fasse pas trop sentir.

Dans le tableau suivant on trouve la vérification de la loi de Beer pour une solution d'azobenzol (¹) dans l'alcool avec la raie 4359 Å du Hg. La cuve C en verre employée avait à l'intérieur 1cm,493 d'épaisseur. La source était un arc à vapeur de Hg Heraëus, H.

Concentr. C en mol/litre	Courants en 10^{-12} ampère. i_0.	i.	$\Delta = \text{Log}\,\frac{i_0}{i}$.	$\frac{1}{cd}$.	$\varepsilon = \frac{1}{cd}.\text{Log}\,\frac{i_0}{i}$.	Écarts de la val. moy.	Erreurs relatives pour 100.
0,0011043	4,025	0,578	0,82807	606,53	502,25	+ 1,25	+ 0,25
0,00055215	4,025	1,5525	0,41374	1213,06	501,92	+ 0,92	+ 0,18
0,00027607	4,025	2,507	0,20561	2426,12	498,84	− 2,16	− 0,43

ε moyen = 501.

(¹) Halban und Ziedentopf, *Zst. ph. Ch.*, 100, 1922, p. 208.

On voit que le coefficient d'extinction moléculaire ε est constant, à quelques millièmes près.

Les faibles courants de compensation étaient pris sur un courant ramené au moment de la mesure à une valeur constante. Cette constance est vérifiée au moyen d'un électromètre capillaire Lippmann (L) fonctionnant comme appareil de zéro et d'un élément Weston (W).

L'avantage de ce procédé photométrique est multiple :

1° Il permet l'emploi de cellules différentes l'une de l'autre;

2° On n'a pas besoin de coins photométriques ou d'étalons absorbants;

3° Il permet de juger la constance du rayonnement directement, sans avoir à examiner la tension et l'intensité du courant alimentant la source, éléments dont la connaissance ne suffit d'ailleurs pas;

4° Il est tout à fait général et permet de faire des mesures absolues pour toutes les radiations, en choisissant les cellules appropriées.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Détermination de l'arête de la maille du composé* [Pt Br⁶] K². Note de M. **M. Mathieu**, présentée par M. G. Urbain.

W.-A. Frederikse et H.-J. Verweel [1] d'une part, et P. Stoll [2] d'autre part ont déterminé la maille du composé $[PtCl^6]K^2$.

Les deux premiers auteurs donnent pour l'arête de la maille unité (cube à faces centrées)

$$a = 9{,}73.$$

Le troisième auteur donne

$$a = 9{,}64.$$

En faisant les radiogrammes des poudres cristallines, j'ai déterminé le rapport des paramètres des mailles de

$$[PtCl^6]K^2, \quad \text{soit } a_{Cl};$$
$$[PtBr^6]K^2, \quad \text{soit } a_{Br}.$$

L'identité de structure de ces deux composés apparaît évidente sur les deux diagrammes obtenus avec la même chambre photographique.

Dans le tableau ci-après sont réunis les angles θ correspondant aux

(1) W.-A. Frederikse, H.-J. Verweel, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 47, 1928, p. 904.

(2) P. Stoll, *Thèse Zurich*, 1926.

raies les plus intenses des clichés et les logarithmes des sinus de ces angles.

$PtCl^6K^2$.			$PtBr^6K^2$.	
θ.	log sin θ.	Indices des plans.	θ.	log sin θ.
13°6′	$\bar{1}$,35536	**022**	12°12′	$\bar{1}$,32495
15°28′	42599	**113**	14°24′	39566
18°40′	50523	**004**	17°28′	47734
20°20′	54093	**133**	19°	51264
23°	59188	**224**	21°24′	56215
26°50′	65456	**044**	25°	62395

En faisant les différences des log sin θ on a des nombres dont la moyenne est voisine de

$$\log 1,07.$$

Le rapport des arêtes des mailles cubiques des chloro et bromo-platinates de potassium est donc

$$\frac{a_{Br}}{a_{Cl}} = 1,07,$$

ce qui donne

$$a_{Br} = 10,3.$$

J'ai pris pour a_{Cl} le nombre donné par Stoll, les angles correspondant aux raies de mes clichés étant très voisins des valeurs publiées par cet auteur.

L'erreur faite ne dépasse pas 0,05. On peut fixer

$$\underline{a_{Br} = 10,35 \pm 0,05.}$$

La densité donnée par Groth est

$$D_m = 4,541.$$

Si l'on calcule n = nombre de molécules par maille unité, on a pour

$$a = 10,3, \qquad n = 3,99,$$
$$a = 10,35, \qquad n = 4,04,$$
$$a = 10,37, \qquad n = 4,07,$$

ce qui est en accord avec la valeur trouvée pour a_{Br}.

Cette détermination de la maille du composé bromé

$$[PtBr_6]K_2$$

a été faite en vue d'une étude générale de l'influence sur les paramètres cristallins des substitutions entre halogènes.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte d'un niveau à Strombes dans l'île de Djerba (Tunisie)*. Note de M. **E. Larroque**, présentée par M. Pierre Termier.

Comme suite au travail sur les formations quaternaires de la Syrte mineure, publié en 1927 par M. Seurat au *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, je me suis proposé d'établir l'âge relatif des deux principales formations quaternaires de l'île de Djerba :

1° Le grès calcaire continental de couleur saumon (*Samm* des Indigènes) qui est un travertin;

2° Le grès calcaire marin blanc, signalé par cet auteur (*Chekhch* des Djerbiens).

Le premier recouvre toute la partie supérieure de l'île. Aux environs de la maison de douane d'Aghir, il s'avance même dans la mer. Son épaisseur est à peu près uniforme ($0^{m},75$ en moyenne). Il contient des Hélicidés : *Xerophila* sp., *Albea candidissima* Drap, *Archelix Constantinæ* Forbes, déjà signalés par M. Seurat. Le second forme autour de l'île une ceinture dont la continuité paraît interrompue en quelques endroits, sur la côte occidentale. M. Seurat y a signalé une abondante faune comprenant des espèces vivant dans les mers équatoriales actuelles, à l'exception toutefois du *Srombus bubonius* Lamk. qu'il m'était réservé d'y découvrir.

La formation du *Chekhch* résulte d'une transgression marine qui s'est étendue sur le calcaire continental cité plus haut. Elle débute par un poudingue où dominent les éléments roulés du travertin. C'est dans cette couche que j'ai découvert, à Houmt-Souk et à Aghir, de nombreux spécimens de *Strombus bubonius* Lamk. Cette espèce si caractéristique du Quaternaire moyen du pourtour de la Méditerranée occidentale existe également à Aghir et à Bordj Djellidj, parmi les espèces de la faune du grès calcaire marin blanc.

Cette observation, absolument nouvelle pour cette région de la petite Syrte, confirme la conclusion de M. Seurat sur la postériorité du grès calcaire marin blanc à la formation calcaire continentale de l'île.

Elle permet en outre de préciser l'âge de la transgression marine qui mit fin à la période continentale de la formation travertineuse durant laquelle, ainsi que l'a montré M. Seurat, Djerba faisait partie du continent.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure générale du rameau hercynien varisque.* Note de M. A. **Demay**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai distingué antérieurement dans le domaine moldanubien du rameau varisque plusieurs zones. A l'est de la zone synclinale de Jihlava et au nord des plis aigus de la bordure septentrionale du massif de Velka-Mežiriči, apparaît une structure onduleuse ou en dôme, qui a été signalée déjà dans la région de Swratka et que j'ai observée aussi plus au Sud le long de la Sazava supérieure depuis Přibyslav jusqu'à l'est de Nove Mêsto. Dans le dôme de Swratka l'existence de nappes empilées résulte clairement de la carte de Rosiwal. Les micaschistes (pour l'École de Vienne, des diaphtorites) plongent périclinalement sous les gneiss. En fait, j'ai observé près de Swratka, au-dessous de gneiss œillés un peu laminés et recristallisés analogues aux gneiss œillés cévenols, des micaschistes typiques qui sont pour moi un faciès cristallophyllien élevé recouvert par une nappe gneissique. La persistance de l'allure onduleuse dans la haute vallée de la Sazava et la position recouvrante des couches sur les plis déversés de la septième zone semblent bien indiquer comme dans le dôme de Swratka l'existence de grandes nappes. Dans cette septième zone qui forme la partie orientale du domaine moldanubien, les plis sont déversés vers l'Est depuis l'extrémité nord jusqu'au Danube. La vallée de la Nedvieditz fournit une coupe continue de ce complexe de gneiss feuilletés, micaschistes, amphibolites et marbres. Les micaschistes ont un faciès typique souvent intact comme les gneiss voisins. Je ne peux les considérer comme des diaphtorites. Leur intercalation dans la série gneissique résulte du plissement isoclinal de tout l'ensemble. La zone micaschisteuse, parfois beaucoup plus importante qui apparaît au contact des nappes moraves, a pour moi une signification identique. Près de la ville de Nedvieditz, ce sont des micaschistes à grenat analogues aux intercalations précédentes qui reposent sur le gneiss de Bittesch morave. Près du contact, celui-ci est fortement agité, mécaniquement déformé, et il montre des crochons qui accusent le mouvement vers l'Est. Bien plus au Sud, au contact de Schönberg que m'a montré M. Waldmann, des micaschistes et des gneiss feuilletés bouleversés, partiellement transformés en une mylonite chloriteuse, sont charriés sur le gneiss de Bittesch. Près du contact, les effets mécaniques sont identiques à ceux qui apparaissent à la base des nappes cévenoles, ce qui me confirme

dans l'idée que les micaschistes francs et intacts à quelque distance ne sont pas un faciès diaphtoritique.

Si l'on envisage maintenant dans son ensemble la structure moldanubienne [1], il apparaît qu'à l'Est la formation des plis moldanubiens déversés vers le Sud-Est, le charriage du domaine entier sur les nappes moraves et de ces nappes elles-mêmes sur du Dévonien résultent d'une même poussée dirigée en moyenne du Nord-Ouest vers le Sud-Est. Plus à l'Ouest dans le domaine moldanubien existent de véritables nappes dont l'âge hercynien, moins certain, reste du moins probable (nappes de Swratka et de la Haute-Sazava, nappes de Gr. Sieghart et de Gföhl). En effet les premières prolongent axialement certains des plis déversés précédents. Quant aux autres, leur cheminement vers l'Est, admis par M. Waldmann, et leur position au-dessus des plis isoclinaux de gneiss feuilletés, suggèrent aussi un âge hercynien. Dans la région située à l'ouest de l'anticlinal tchécomorave, il ressort de ma Note précédente que la structure isoclinale et la poussée vers le Sud-Est sont encore mieux caractérisées que dans la partie est du domaine moldanubien. Le panneau barrandien lui-même est sans doute poussé dans son ensemble sur ces plis isoclinaux. L'allure différente dans l'anticlinal tchécomorave et dans le synclinal de Jihlava résulte d'une part du décollement des plis et écailles par rapport à un socle profond, d'autre part de mouvements postérieurs à leur formation. L'âge postdévonien de ces plis isoclinaux me paraît indiscutable sur le bord sud-est du domaine moldanubien, probable sur le bord nord-ouest. Le dispositif tectonique semble donc bien être dans son ensemble un dispositif hercynien. L'existence des poussées et des mouvements vers le Sud-Est dans la plus grande partie de ce domaine est un fait fondamental.

Cette interprétation diffère de celle de M. Fr.-Ed. Suess, qui considère le domaine moldanubien, à l'époque des charriages moldanubien et morave, comme une masse rigide susceptible seulement de s'adapter par recristallisation. Elle permet aussi de discuter avec des arguments nouveaux la théorie de M. Kossmat pour qui les zones hercyniennes s'orientent en arc

---

(1) Des recherches détaillées de tectonique cristalline ont été récemment entreprises dans ce domaine par les savants géologues tchèques et autrichiens. J'ai cherché seulement, dans des courses échelonnées depuis Vienne jusqu'à Prague, à dégager une première ébauche structurale.

de 180° autour du noyau cristallin moldanubien. En fait la direction Nord-Est ou Nord, légèrement incurvée vers l'Ouest à l'extrémité septentrionale, persiste jusqu'au sud de Breslau, à la limite des gneiss du Spieglitzer Geb. et des nappes moravosilésiennes, à celle de ces nappes et des plis sédimentaires silésiens, enfin au contact du Culm et du Westphalien à l'ouest de Gleiwitz. D'autre part, si la structure moldanubienne est essentiellement hercynienne comme je le suppose, la direction Nord-Est ou Nord-Nord-Est des plis isoclinaux en dehors des régions de nappe d'allure onduleuse, ne s'accorde pas avec la théorie de M. Kossmat sur l'arc de Bohême. Au contraire tout cela s'explique clairement si l'on admet des poussées inverses de part et d'autre du panneau barrandien, poussée vers le Nord-Ouest dans les plis rhénans et thuringiens, les nappes de l'Erzgebirge, de Münchberg, etc., poussée vers le Sud-Est dans le domaine moldanubien, les nappes moraves et les plis silésiens. Le renversement du sens de la poussée que j'ai signalé dans une coupe plus occidentale entre les Ardennes et les Cévennes de part et d'autre de la zone morvano-roannaise confirme cette interprétation ([1]). Le déversement en sens inverse de part et d'autre d'un géanticlinal médian semble bien être un caractère essentiel du rameau hercynien varisque depuis l'Espagne jusqu'en Russie.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur les Bactériacées des minerais de fer oolithiques.* Note de M. **Louis Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

On sait qu'il existe actuellement dans les eaux douces de nombreuses Bactéries et d'autres organismes inférieurs capables de précipiter le fer ([2]), et, par conséquent, de contribuer à la formation des minerais ferrugineux des marais et des lacs. En ce qui concerne la genèse des minerais de fer oolithiques anciens, plusieurs auteurs sont d'accord, même en l'absence de preuves positives, pour faire jouer également un rôle important aux micro-organismes, tandis que d'autres considèrent que le problème est surtout d'ordre chimique ([3]). Pour M. Cayeux, dont les recherches sur les minerais

([1]) A noter aussi dans ce sens la position du Carbonifère supérieur marin depuis Moscou jusqu'en Espagne et le déversement vers le Sud-Est des plis hercyniens des Asturies.

([2]) Hans Molisch, *Die Eisen organismen in Japan* (*Science Report of the Tohoku Imperial University*, Sendaï, Japan, fourth series, 1, II, january 1925, p. 135).

([3]) Walter H. Bucher, *On oölites and spherulites* (*Journal Geol.*, 26, VII, oct.-nov. 1918, p. 593).

oolithiques sont fondamentales, on ne peut expliquer certaines particularités de ces minerais qu'en faisant appel à un travail bactérien [1]. Hayes a signalé des Bactéries ferrugineuses dans les minerais de Wabana [2].

En étudiant à la loupe binoculaire et au microscope un grand nombre de minerais et de calcaires à oolithes ferrugineuses (ces derniers représentent un cas particulier de minerais), j'ai fait certaines observations qui me paraissent susceptibles de contribuer à fournir la solution du problème. Je n'aurai garde d'oublier que des traces organiques variées (organismes perforants, enveloppants, etc.) ont été signalées dans les oolithes, tant ferrugineuses que calcaires. Il y a là un domaine complexe, des milieux très particuliers où ont évolué des êtres divers; dans cette courte Note, je ne puis que faire allusion à cette complexité.

Les échantillons examinés appartiennent à divers étages allant du Lias à l'Oxfordien, ils sont tous d'origine marine et sont en grande partie formés de limonite. Beaucoup d'entre eux, simplement réduits en poudre grossière et observés à la loupe binoculaire laissent voir admirablement, sur les oolithes fragmentées, la structure concentrique classique. On peut isoler facilement des enveloppes oolithiques translucides, montrant souvent une surface brillante irisée; montées sur lame de verre et vues aux forts grossissements, ces coques d'oolithes se résolvent elles-mêmes en écailles plus fines, d'une minceur extrême, appliquées les unes sur les autres. Les fragments minces montrent, dans beaucoup de cas, une structure granuleuse très régulière, un aspect de membrane portant des particules nettement distinctes (minerai liasique de Lorraine, oolithe ferrugineuse du Lias de Normandie, oolithe ferrugineuse du Callovien de Doux, Deux-Sèvres, etc.); les granules peuvent avoir la forme de sphérules ou bien de bâtonnets très courts mesurant environ 1 à 2$^{\mu}$ de longueur (Lias de Normandie, Callovien de Doux); sphérules et courts bâtonnets peuvent coexister (minerai liasique de La Verpillière, Isère).

Cette structure présente une analogie remarquable avec celle des voiles irisés divers qui se forment à la surface des eaux ferrugineuses tranquilles. Ces voiles, en s'épaississant, peuvent former des lamelles jaunes ou brunes cassantes, à structure granuleuse régulière et à surface brillante, irisée. Certains de ces voiles représentent le résultat de la coagulation de

(1) L. Cayeux, *Les minerais de fer oolithique de France*. Fasc. II : *Minerais de fer secondaires*. Paris, Imprimerie Nationale, 1928, p. 923 et suiv.

(2) Hayes, *The Wabana iron ore of Newfoundland* (*Mem. Geol. Surv.*, Canada, n° **78**, 1915).

l'hydroxide ferrique colloïdal, d'autres sont dus à des colonies de Bactéries en forme de granules ou de bâtonnets imprégnés d'oxyde de fer; enfin, Bactéries et précipités colloïdaux peuvent être étroitement associés, les Bactéries étant répandues à profusion dans la nature. Harder a obtenu, sur milieu solide, des colonies de Bactéries ferrugineuses formant des croûtes brunes, brillantes, à surface irisée ([1]). Molisch a cultivé de semblables Bactéries sur milieu liquide ([2]).

Cette analogie paraît intéressante bien qu'elle ne fournisse pas encore la possibilité, en ce qui concerne l'élaboration des pellicules oolithiques, de faire la part du phénomène bactérien et du phénomène purement chimique.

Ces premières observations prennent, à mon sens, une signification particulière du fait que j'ai trouvé des pellicules oolithiques associées à des filaments très fins (1^{μ} à $1^{\mu},5$ environ de largeur). Autant qu'il est possible de juger d'après des matériaux fossiles aussi ténus, ces filaments semblent appartenir à des Bactériacées. J'ai observé des filaments nets dans l'oolithe ferrugineuse de Normandie, dans le minerai de La Verpillière.

Dans la nature, les pellicules des eaux ferrugineuses sont souvent accompagnées, à leur partie inférieure, de Bactéries ferrugineuses filamenteuses.

Il est important de considérer qu'on ne connaît aucun point de la mer où du minerai oolithique se forme actuellement. Mais ici plusieurs remarques s'imposent :

1° Ce résultat négatif peut provenir des lacunes dans notre connaissance du fond de la mer.

2° Les Bactéries pullulent dans certaines régions de la mer.

3° Les Bactéries ferrugineuses filamenteuses ont été signalées dans l'écume des lagunes saumâtres ou salées de la côte du Texas ([3]).

4° Molisch a cultivé des Bactéries ferrugineuses inférieures dans l'eau de mer ([4]).

Ces observations et ces faits sont de nature à confirmer l'hypothèse suivant laquelle ces êtres extrêmement petits auraient joué un rôle très important, dans la genèse des grands gisements de fer sédimentaire du globe.

([1]) Harder, *Iron-depositing Bacteria and their geologic relations* (*Un. St. Geol. Surv., Profess. Paper*, 113, 1919, p. 34).

([2]) Hans Molisch, *loc. cit.*, p. 162-164.

([3]) Twenhofel, *Treatise on sedimentation*, London, 1926, p. 323.

([4]) Hans Molisch, *loc. cit.*, p. 162-164.

BOTANIQUE. — *Les Didiéracées, xérophytes de Madagascar.* Note (1) de M. **P. Choux**, présentée par M. H. Lecomte.

Le botaniste qui recherche dans la nature l'étrangeté des formes trouvera à Madagascar, dans le Domaine du Sud-Ouest, de quoi satisfaire largement sa curiosité. En effet, si la rareté et l'irrégularité des pluies donnent à la plupart des végétaux de ce Domaine un facies nettement xérophytique, les moyens par lesquels ces plantes ont su s'adapter à cette rareté des précipitations atmosphériques sont extraordinairement variés, réalisant parfois les formes les plus inattendues. Et c'est le cas en particulier des Didiéréacées, qui, avec les Euphorbes arborescentes aphylles, constituent la formation la plus typique de ce Domaine, le *Bush à Euphorbes et à Didierea*.

Ces Didiéréacées ne comptent d'ailleurs qu'*un petit nombre de représentants*, décrits les uns par Baillon (2) et les autres par Drake del Castillo (3). Mais, si les quatre *Alluaudia* créés par ce dernier auteur nous paraissent devoir être conservés, par contre nous estimons que les *Didierea madagascariensis* et *mirabilis*, tous deux créés par Baillon, ne constituent en réalité qu'une seule et même espèce. L'examen des spécimens étudiés par Baillon lui-même et des échantillons recueillis récemment à Madagascar par MM. Perrier de la Bâthie, Humbert et Decary nous autorisent, croyons-nous, à opérer cette réunion.

En revanche, aux Didiéréacées actuellement connues, il nous faut maintenant *ajouter deux espèces qui nous paraissent nouvelles* et qui se ressemblent d'ailleurs beaucoup par leur appareil végétatif. Leurs rameaux, qui dans les échantillons dont nous disposions étaient aphylles, sont en effet formés d'une série d'articles disposés en cyme unipare hélicoïde, et portant à la base, et sur le côté externe de l'hélice, deux épines accouplées, disposées sensiblement sur un même plan horizontal et entre lesquelles apparaissent

---

(1) Séance du 27 mai 1929.

(2) Baillon, *Sur le* Didierea (*Bull. mens. de la Soc. Linn. de Paris*, **1**, 1880, p. 258); *Les* Didierea *de Madagascar* (*Bull. du Mus. d'Hist. nat.*, **1**, 1894, p. 22); *Sur un nouveau* Didierea (*Bull. mens. de la Soc. Linn. de Paris*, **2**, 1895, p. 1182).

(3) Drake del Castillo, *Sur des espèces végétales nouvelles de Madagascar* (*Comptes rendus*, **133**, 1901, p. 239); Note *Sur les plantes recueillies par M. Guillaume Grandidier dans le sud de Madagascar en* 1898 *et* 1901 (*Bull. du Mus. d'Hist. nat.*, **9**, 1903, p. 35).

les inflorescences. Mais, par contre, leurs fleurs sont bien différentes. Et, si l'une de ces espèces nous paraît pouvoir être placée à côté des quatre *Alluaudia* de Drake (nous en ferons l'*Alluaudia Geayi*), il nous semble nécessaire en revanche de créer pour l'autre *un genre nouveau*, le genre *Decarya*, car les fleurs en sont nettement hermaphrodites, alors que la diclinie avec dioecie est la règle chez les autres Didiéréacées.

A un autre point de vue, *les fleurs de ces Didiéréacées*, qui sont non moins curieuses que leur appareil végétatif, ont donné lieu à des *interprétations différentes* de la part des botanistes qui les ont examinées. Pour Radlkofer (¹) en effet les *Didierea* forment une *famille spéciale dont la place serait dans le voisinage des Polygonacées et des Amarantacées*, alors que pour Baillon (²), Drake del Castillo (³) et MM. Perrot et Guérin (⁴) *ces végétaux sont plus ou moins voisins des Sapindacées.*

En fait, *aucune de ces opinions ne nous paraît correspondre à la réalité des faits*. C'est le cas déjà, et sûrement, de celle de Radlkofer, car les ressemblances invoquées pour rapprocher les *Didierea* des Polygonacées et des Amarantacées sont vraiment bien peu de chose en regard des différences que l'on peut trouver pour au contraire les en éloigner.

Mais *nous ne saurions davantage admettre que les Didiérées puissent être des Sapindacées*, car toutes les Sapindacées possèdent un disque extrastaminal, qui nous paraît manquer dans les Didiéréacées. Si cependant Drake se base sur la présence d'un disque pour rapprocher les *Didierea* et les *Alluaudia* des Sapindacées, il nous semble bien que ce soit là une interprétation erronée. En réalité, dans toutes ces espèces, les *filets staminaux sont unis à la base en un anneau, qui est lui-même soudé aux pétales*, et c'est, semble-t-il, cet anneau qui a été pris par Drake pour un disque. Mais en même temps la présence de cet anneau staminal permet de comprendre pourquoi Baillon avait cru pouvoir rapprocher les *Didierea* des Sapindacées. C'est qu'il pensait pouvoir les comparer à l'*Aitonia capensis*, dont les filets monadelphes sont unis en tube dans leur portion inférieure, mais qui, par suite de ce caractère, n'est plus aujourd'hui classé parmi les Sapindacées, mais est rangé parmi les Méliacées.

(¹) RADLKOFER, *Sapindaceae* (Nachträge) (*Die natürl. Pflanzenf. b. v.* ENGLER u. PRANTL. III Teil, Abt. 5, 1896, p. 461).

(²) BAILLON, *loc. cit.*

(³) DRAKE DEL CASTILLO, *loc. cit.*

(⁴) PERROT et GUÉRIN, *Les Didierea de Madagascar. Historique, morphologie externe et interne, développement* (*Journ. de Bot.*, 7, 1903, p. 233-251).

Les *Didiérées ne sauraient cependant être des Méliacées*, au même titre que l'*Aitonia capensis*, car dans les Méliacées les ovules sont anatropes et descendants (alors qu'ils sont campylotropes et ascendants dans les Didiérées) et les pièces périanthiques ne sont point décussées par paire, à raison d'une pour le calice et de deux pour la corolle.

Nous nous trouvons donc amené à *considérer ces Didiérées comme devant former une famille spéciale, celle des Didiéréacées*, qui se place évidemment dans le groupe des Dialypétales supérovariées diplostémones, mais *qui ne saurait être confondue, ni avec les Méliacées, ni surtout avec les Sapindacées.* Et si nous ajoutons enfin que tous les représentants de ce petit groupe se rencontrent uniquement à Madagascar, et dans le Domaine du Sud-Ouest, il faut bien reconnaître que tout un ensemble de caractères concordent pour en faire un des plus curieux comme un des plus caractéristiques de la végétation xérophile de ce Domaine.

BOTANIQUE. — *Sur le développement d'un* Saprolegnia *dans des milieux additionnés de colorants vitaux et la coloration du vacuome pendant la croissance.* Note de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Molliard.

Le *Saprolegnia* qui nous a servi d'objet d'étude a été isolé en 1924 par M. Chaze et conservé depuis en culture pure. Il croît facilement dans la plupart des milieux, mais ne produit qu'un mycélium stérile. On peut cependant obtenir la formation de zoosporanges en plaçant à l'inanition dans l'eau un mycélium bien nourri provenant d'une culture sur bouillon de peptone.

Nos essais de culture en présence de colorants vitaux ont été faits dans des flacons de Erlenmeyer renfermant une solution de peptone à 1 pour 100 (milieu où le champignon croît rapidement et abondamment) additionnée de petites doses de rouge neutre et maintenue à l'étuve à 25°. L'ensemencement était fait à partir de cultures développées sur carotte. Le mycélium se détachant mal du substratum, on prélevait à l'aide d'un fil de platine un petit fragment de la carotte renfermant le mycélium que l'on transportait dans le flacon d'Erlenmeyer. On avait soin de faire toujours une culture témoin dans une solution de peptone sans rouge neutre. Dans les cultures témoins on voit apparaître au bout de 12 heures un fin duvet blanc formé de longs et délicats filaments s'irradiant autour du fragment de carotte. Au bout de 24 heures le mycélium s'étend de plus en plus et après 48 heures il

envahit tout le liquide. Les cultures sur solution de peptone additionnées de 1 à 5^{mg} pour 100 de rouge neutre donnent un développement assez sensiblement analogue avec un mycélium qui apparaît macroscopiquement coloré en rouge. Les filaments de ce mycélium examinés au microscope ne présentent pas le moindre signe d'altération et tous, même dans les extrémités en voie de croissance, montrent un vacuome admirablement coloré.

Le champignon offre une vive électivité pour le colorant qu'il fixe sur son vacuome si bien qu'au bout de quelques jours le liquide se décolore sans qu'il y ait réduction du colorant. A partir de ce moment, les parties du mycélium dernièrement formées ne présentent plus de coloration. Au dessus de 6^{mg} pour 100 et jusqu'à 2^{cg} environ de rouge neutre, le développement du champignon se ralentit notablement tout en restant très apparent macroscopiquement. Au delà de 2^{cg} pour 100 le champignon reste vivant et continue à croître, mais d'une manière tellement minime qu'il devient difficile de constater son développement par le simple examen macroscopique de la culture. Aussi, afin de déterminer d'une manière aussi précise que possible la dose limite de rouge neutre compatible avec la vie du *Saprolegna* nous avons procédé de la manière suivante : nous avons prélevé de chaque culture, au bout de 4 à 5 jours, une partie des filaments pour les observer au microscope. Il est facile de distinguer les filaments vivants des filaments morts, car le vacuome qui, dans les premiers, est seul coloré, se décolore dès que la mort survient tandis que le colorant se fixe sur le cytoplasme et les noyaux. De plus il est facile de s'assurer qu'un filament est vivant par les courants cytoplasmiques dont il est le siège ainsi que par l'intégrité des chondriocontes qui se transforment en vésicules au moment de la mort. Les courants du cytoplasme se traduisent par un déplacement très lent des chondriocontes et par un déplacement rapide des granulations graisseuses. L'observation au fond noir permet d'ailleurs de reconnaître les filaments vivants par le caractère optiquement vide de leur cytoplasme. Nous avons en outre prélevé à chaque expérience un peu de la culture pour l'ensemencer sur un autre milieu sans rouge neutre de manière à nous assurer que les filaments sont susceptibles de donner lieu à un développement. Enfin, une autre série de cultures fut faite en gouttelettes pendantes sur solution de peptone additionnée de rouge neutre afin de pouvoir suivre sous le microscope la croissance du champignon.

Cette méthode nous a permis de contrôler que le *Saprolegnia* peut rester vivant et croître très lentement jusqu'à une dose relativement considérable de rouge neutre, voisine de 5 à 6^{cg} pour 100, mais à partir de 4^{cg} pour 100

le développement est si insignifant que le simple examen macroscopique de la culture ne permet plus de l'apprécier.

Jusqu'à une dose de 1^{cg} pour 100 de rouge neutre, le champignon présente un vacuome tout à fait analogue à celui que l'on obtient par la coloration vitale sous le microscope. Celui-ci apparaît dans les extrémités des filaments sous forme de minces canalicules anastomosés en réseau, colorés uniformément et assez intensément. Par gonflement et confluence, ces canalicules constituent dans les parties un peu plus âgées un unique canal vacuolaire parcourant toute la longueur des filaments : celui-ci prend une teinte diffuse et montre dans son intérieur de nombreux corpuscules fortement colorés et animés de mouvements browniens. Au-dessus de 1^{cg} pour 100, le vacuome apparaît au contraire *très hypertrophié*, ses formes réticulaires initiales sont plus compliquées et le canal vacuolaire qui en résulte est beaucoup plus large et coloré d'une manière uniforme et intense sans montrer aucun corpuscule. Mais la coloration reste toujours strictement localisée au vacuome.

Nous avons répété les mêmes expériences avec les autres colorants vitaux du vacuome (bleus de crésyl, de toluidine, de méthylène et de Nil) ainsi qu'avec ceux du chondriome (vert Janus, violet de Dahlia et violet de méthyle). Parmi les colorants du vacuome le bleu de toluidine s'est montré, après le rouge neutre, le moins toxique. Il a permis d'obtenir un léger développement jusqu'à $5^{cg},4$ pour 100. Toutefois, même à des doses très faibles, le développement a toujours été très inférieur à celui obtenu par le rouge neutre et les filaments ne se sont colorés que d'une manière partielle. Le bleu de crésyl n'a fourni qu'un très faible développement jusqu'à 7^{mg} pour 100, et les bleus de méthylène et de Nil jusqu'à 6^{mg} pour 100 seulement et le plus souvent sans aucune coloration du vacuome.

On peut donc conclure de ces faits que le rouge neutre est très peu toxique pour le *Saprolegnia* qui se développe presque normalement en présence de petites doses de rouge neutre qu'il accumule avec avidité dans son vacuome.

Les autres colorants du vacuome, à part le bleu de toluidine, se montrent beaucoup plus toxiques. Quant aux colorants vitaux du chondriome, ils sont toujours très toxiques. Ces résultats ont une grande importance au moment où la question de coloration vitale préoccupe au plus haut degré les cytologistes.

ALGOLOGIE. — *Variations de l'iode chez une Floridée :* Trailliella intricata *Batt.* Note (¹) de M. **E. Chemin**, présentée par M. L. Mangin.

Trailliella intricata est une petite Floridée filamenteuse voisine du genre *Spermothamnion*. Elle est caractérisée par la présence, à chaque article, d'une petite cellule triangulaire, incolore, formée aux dépens de la cellule inférieure, avec laquelle elle reste en communication par un tractus protoplasmique. Ces petites cellules ont été appelées Blasenzellen par Kylin, gland-cells par Rosewinge, ioduques par C. Sauvageau. Je les désignerai sous le nom de cellules sécrétrices parce que leur contenu, dont la nature reste encore à déterminer, ne paraît être qu'un produit de sécrétion.

H. Kylin (²) a montré que les cellules sécrétrices, voisines de l'extrémité des rameaux, laissent fuser de l'iode lorsqu'on immerge un filament dans un empois d'amidon acidifié par l'acide acétique ou l'acide chlorhydrique. C. Sauvageau (³), sans mettre en doute les observations de Kylin, « suppose néanmoins que, dans certaines conditions, l'iode libre doit occuper quelques Blazenzellen avant de se dissimuler sous l'état combiné ».

Après mes recherches sur l'état de l'iode chez quelques Floridées (⁴), j'ai pu me procurer, et étudier, quelques exemplaires de *Trailliella*. Les uns ont été récoltés à Roscoff en août 1928, les autres à l'île de Cézembre, près de Saint-Servan, en septembre 1928 et fin mars 1929.

Dans la préparation de l'Algue sur papier ordinaire, ou sur papier spécialement amidonné, je n'ai jamais observé un bleuissement comme il s'en produit avec *Falkenbergia* ou *Bonnemaisonia* par exemple. Des filaments placés dans un empois d'amidon n'ont donné aucune coloration caractéristique de l'iode même après écrasement. Aucune trace d'iode libre, pendant la vie comme après la mort des cellules, n'a donc pu être décelée ni à la fin de l'été, ni au début du printemps.

Les échantillons récoltés en août et septembre, tant à Roscoff qu'à Cézembre, mis dans un empois acidifié par de l'acide acétique, de l'acide

---

(¹) Séance du 22 mai 1929.

(²) H. Kylin, *Ueber die Blasenzellen einiger Florideen und ihre Beziehung zur Abspaltung von Iod* (*Arkiv för Botanik*, 14, v, 1915, p. 1-9).

(³) C. Sauvageau, *Sur quelques Algues Floridées renfermant de l'iode à l'état libre* (*Bull. de la Stat. biol. d'Arcachon*, 12, 1925, p. 34).

(⁴) E. Chemin, *Sur l'état de l'iode chez quelques Floridées* (*Revue générale de Botanique*, 40, 1928, p. 1 à 17).

chlorhydrique, de l'acide sulfurique, n'ont montré aucun dégagement d'iode. Ces résultats étant en contradiction avec ceux de Kylin, j'ai prié Mlle Dr T. Rayss, sous-directeur de la station centrale de phytopathologie à Bucarest, qui travaillait à ce moment au Laboratoire maritime de Saint-Servan, de bien vouloir contrôler et répéter mes expériences; elle a abouti aux mêmes conclusions.

Par contre, sur les échantillons récoltés fin mars, j'ai observé les phénomènes décrits par Kylin. Dans les premiers jours qui suivent la récolte, les filaments, placés dans un empois d'amidon acidulé par de l'acide acétique ou de l'acide chlorhydrique, laissent sortir de l'iode. Le bleuissement apparaît uniquement à la surface des cellules sécrétives. Il est d'abord léger, puis il s'intensifie, et, après un quart d'heure, il prend l'aspect d'un petit capuchon très foncé au contact de la membrane et dont la teinte va en se dégradant. Les deux ou trois premières cellules sécrétrices, en partant de l'extrémité distale, ne donnent aucune coloration. Le bleuissement apparaît sur les cellules suivantes, au nombre d'une dizaine environ, et le maximum d'intensité s'observe vers le milieu de la série. Plus loin, les cellules sécrétrices ne donnent aucune trace d'iode. Le phénomène est le même, mais un peu plus rapide, dans un empois acidulé par de l'acide azotique ou de l'acide sulfurique.

Il existe donc une combinaison iodée, dissociable par un acide, dans les cellules sécrétrices en relation avec les cellules assimilatrices de formation récente. Elle peut être considérée comme le résultat de l'activité cellulaire de ces dernières. Elle ne persiste pas puisqu'on ne la rencontre plus à partir d'une certaine distance du sommet. Son existence est liée à la croissance. Des filaments de *Trailliella* peuvent être conservés plus d'un mois en aquarium sans altération apparente; dans ces conditions ils cessent de s'accroître et l'on observe une diminution graduelle de la quantité d'iode libérée par l'acide; ainsi des filaments récoltés le 28 mars réagissaient encore, mais faiblement, le 4 avril; le 9 avril, ils ne donnaient plus aucune réaction dans un empois acidulé. L'absence de combinaison iodée pendant les mois d'été peut s'expliquer également par un ralentissement de la croissance à cette époque.

Que devient le composé iodé? Il est difficile d'admettre son retour à la cellule assimilatrice d'où il semble provenir. Il peut disparaître par diffusion lente à travers la membrane externe. Il ne paraît pas se dissocier en sortant, car un papier, maintenu pendant 48 heures au contact d'une touffe de *Trailliella* dans l'eau de mer, n'a montré aucune trace de bleuissement.

PHYSIOLOGIE. — *Origine et destination des graisses cellulaires.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

Un ensemble de faits *chimiques, physiologiques, énergétiques et cliniques*, nous permettent d'éclairer le problème des origines et de la destination des graisses chez les êtres vivants. Ce problème doit se résoudre dans un sens tel que l'on puisse *voir désormais, dans les lipides, une réserve de moindre effort de la cellule*, une forme dégradée de la matière métabolisée. Ce point de vue, solidement affirmé, se heurtera à des préjugés courants; il convient de les détruire.

1° *Argument chimique.* — Les protides (type Lieberkühn) peuvent élaborer, avec leur molécule, une molécule de *trioléine*, le lipide le plus abondant de notre organisme. Ils le font par simple *hydrolyse*. On a

$$\underset{\text{Albumine.}}{C^{72}H^{112}N^{18}O^{22}S} + 15H^2O + X = \underset{\text{Trioléine.}}{C^{57}H^{104}O^6} + 9\underset{\text{Urée.}}{\overline{CO}N^2H^4}$$
$$+ SO^4H^2 + 6CO^3X \text{ (carbonates d'une base X, le } \textit{calcium}\text{).}$$

Ce procédé de lipogénèse ne coûte rien à la respiration; la graisse se forme dans le repos et en l'absence d'oxygène. En poids, 1612^g d'albumine ont donné 884^g de trioléine, environ les $5/9$. Et vu leur faible densité, les graisses occupent un grand volume au détriment du cytoplasma.

En dépit de Pflügger, c'est bien le protoplasma au repos qui fabrique les lipides, *sécrète l'huile* dans les graines de ricin ou d'amande, étoffe d'une doublure adipeuse les herbivores, et même, chez les microbes (levure de Pasteur) et infusoires (Maupas), constitue de 10 à 40 pour 100 de lipides *quand l'aération est insuffisante.*

2° *Argument biologique.* — L'essence de la vie est une combustion; la respiration qui lui apporte l'oxygène détruit les réserves cellulaires, les brûle; elle le fait plus vite chez l'animal à cause de l'activité des muscles et de l'appareil cérébro-spinal.

La biologie démontre que l'*aliment n'est utilisé que s'il a été mis à l'état de réserve par l'élaboration du cytoplasma*. Elle prouve aussi que « le travail physiologique a pour combustible préféré le glucose » (J. Amar, *Le moteur humain*). Pourquoi? Nous l'avons dit, dès 1911, parce que les glucides sont des *aliments économiques:* ils fournissent 100 d'énergie par gramme, contre 69 et 87 aux protides et lipides.

L'énergie en question est celle que Helmholtz, en 1884, appela *énergie libre*, propre à la croissance, au travail physique ou mental. Pour avoir *même quantité* d'une telle énergie, il faut donc 100 de glucides, et respectivement 145 et 115 des deux autres; d'où *un gaspillage d'oxygène* évalué, d'ailleurs, à 45 et 15 pour 100.

Comme, en général, le besoin d'énergie libre est faible quand l'organisme est au repos, que l'alimentation courante le ravitaille en glucides à sa suffisance, la cellule retombe à son labeur lipogénétique. Elle n'assume pas le labeur *glycogénétique* dont elle est également capable, comme est capable le cytoplasma pour sécréter résines, essences, cires, alcaloïdes.

La glycogénèse, nécessitant beaucoup d'oxygène, a lieu seulement au cours du travail musculaire. Et l'on a :

$$\underset{\text{Albumine.}}{C^{72}H^{112}N^{18}O^{22}S} + 41\,O^2 = \underset{\text{Glycogène.}}{[C^6H^{10}O^5]^6} + SO^4H^2 + 9\underset{\text{Urée.}}{CON^2H^4} + 7H^2O + 27CO^2.$$

Le quotient respiratoire $CO^2/O^2 = 0,65$ a été observé, par exemple en 1921, par Eckert faisant effectuer des courses cyclistes de 200^{km} et à jeun.

A défaut de ce besoin d'énergie libre, le corps des animaux homéothermes n'a guère besoin que de *chaleur* pour régler sa température. La graisse est, à cet égard, *le combustible économique*.

3° *Argument énergétique*. — En effet, 1^g de lipides développe 9^{cal},1 contre 4^{cal},1 aux deux autres, soit deux fois et un quart de plus. Le réglage thermique étant d'importance vitale, on comprend que *la lipogénèse soit une adaptation utile*. Et bien que la combustion des graisses emploie 7 pour 100 d'oxygène en plus que glucides, il y a largement compensation dans leur pouvoir calorifique si élevé. Elles satisfont au *Principe de Berthelot*, à savoir que : Tout changement chimique où n'intervient pas une énergie extérieure tend vers la réaction *la plus exothermique*.

Forme dégradée de la matière vivante, le lipide ne se relève que par l'artifice du moteur cellulaire qui, aidé de la respiration, en tire du glycogène; de même que l'artifice de la machine à vapeur transforme la chaleur en travail. Ainsi

$$C^{57}H^{104}O^6 + 44\,O^2 = (C^6H^{10}O^5)^6 + 21\,CO^2 + 22\,H^2O.$$

Le quotient respiratoire 0,47 atteste la grande dépense d'oxygène, mais l'on obtient un poids de glycogène supérieur de $\frac{1}{10}$ à celui de trioléine, alors que l'albumine n'en donnait que les $\frac{5}{9}$ de sa masse. Donc *économie de masse*. On brûle moins de graisses, et le Q. R. augmente dès que la tempé-

rature extérieure remonte, comme nous l'avons indiqué récemment (*Comptes rendus*, 1928).

Tous les phénomènes de la vie (histolyse, ontogénèse, hibernation) obéissent à cette loi d'épargne énergétique.

4° *Argument clinique.* — La Pathologie confirme; *tout ce qui entrave les oxydations favorise la lipogénèse :* intoxications (phosphore), infections non fébriles, diabète, arthritisme en général, lésions nerveuses. Ces questions seront développées dans un autre *Périodique.* En particulier, l'*obésité ne peut, par l'inaction, que dégénérer en diabète;* elle est un « diabète masqué », disait justement von Noorden.

Conclusions. — Cet exemple de l'obésité est la claire démonstration que les *graisses constituent une sécrétion de paresse du cytoplasma*, toujours actif et varié dans son travail. *Elles sont une réserve d'abondance ou de dégradation* destinée par la légèreté, la mauvaise conductibilité, à s'accumuler aux points les moins mobiles du corps.

Elles sont d'un rendement glucosique très économique; mais aucun fait indiscutable, aucun principe ne témoignent en faveur de l'idée — trop répandue — de l'origine glucosique des graisses. Les sucres et les féculents n'engraissent qu'en vertu de leur utilisation immédiate, qui laisse disponibles les graisses, et purement lipogénétique l'activité ininterrompue du cytoplasma.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Analyse spectrographique des cendres de sang et d'organes.* Note [1] de MM. **Paul Dutoit** et **Christian Zbinden**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons entrepris, depuis une année, l'étude systématique des cendres du sang, des organes et des tumeurs par la méthode des spectres d'arc. La matière est calcinée lentement, à température aussi basse que possible, avant d'être introduite dans le charbon. Ce mode opératoire n'est pas avantageux pour déceler les éléments du groupe du phosphore, et ceux dont les chlorures sont très volatils; il est par contre d'une grande sensibilité vis-à-vis des métaux lourds.

Des recherches, grossièrement quantitatives de cet ordre n'ont d'intérêt que si elles portent sur un nombre très considérable de sangs et d'organes

(1) Séance du 3 juin 1929.

humains considérés comme normaux par les biologistes, et si les cas pathologiques sont connus.

Les résultats acquis semblent définitifs en ce qui concerne le sang, mais doivent encore être complétés pour les cendres d'organes, de glandes et de tumeurs.

Les spectres d'arc des cendres du sang indiquent toujours la présence des éléments suivants :

Ag, Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Si, Ti, Zn.

L'argent n'avait, à notre connaissance, pas encore été décelé dans le sang normal; il s'y trouve cependant toujours, et en quantité suffisante pour qu'une microméthode de dosage permette de suivre quantitativement ses variations dans les cas normaux et pathologiques. L'argent semble en effet diminuer beaucoup dans les sérums à W positifs.

La méthode des spectres d'arc indique souvent la présence d'autres éléments que ceux qui viennent d'être énumérés. Ce sont :

Co, Cr, Ge, Pb, Ni, Sn, Sr.

Le cobalt et le nickel, que l'on sait être des constituants normaux du sang depuis les travaux de M. G. Bertrand, se trouvent en quantité trop faible pour que leurs raies caractéristiques apparaissent toujours. Ils sont mis mieux en évidence lorsqu'on opère sur les albumines coagulées par la chaleur ou, de préférence, soumises pendant un temps assez long à l'électrodialyse. Les éléments suivants sont alors concentrés :

Ag, Ca, Cu, Mn, Ni, Pb, Sn, Zn,

tandis que les raies de Al et Ti disparaissent ou diminuent beaucoup d'intensité. L'électrodialyse précédant la calcination permet aussi de retrouver toujours Pb et Sn.

L'étude des cendres d'organes et de tumeurs met en évidence l'accumulation de certains éléments, ou au contraire leur disparition dans un organe déterminé. On retrouve ainsi l'action sélective du pancréas sur Ni et Co, et, ce qui n'était pas connu, sur Pb. Les capsules surrénales semblent retenir Sn. Le zinc est abondant dans le foie et le rein. Ag et Cu semblent disparaître dans les tumeurs.

Ces derniers résultats demandent encore confirmation et nous ne pouvons pas leur attribuer une valeur statistique avant de disposer d'un nombre beaucoup plus considérable d'expériences.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la régularité des variations des caractères des huiles extraites d'un même animal en fonction du point de prélèvement.* Note de M. L. **Margaillan**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La littérature scientifique donne pour certaines huiles d'animaux marins, d'ailleurs le plus souvent mal définies par les auteurs, des valeurs extrêmement variables, ce qui ne manque pas d'être fort gênant lorsqu'on a à les utiliser.

On sait bien que les caractères des huiles prélevées chez un même animal diffèrent suivant la région d'origine et en particulier M. Marcelet [1] a étudié trois huiles bien différentes extraites de la tête d'un dauphin.

Jusqu'à quel point peut aller cette différenciation des graisses chez un même animal, y a-t-il même un semblant de loi qui régisse ces variations, y a-t-il d'un individu à l'autre des différences importantes? Voici quelques données, assez typiques, à cet égard qui constituent un commencement de réponse à ces questions.

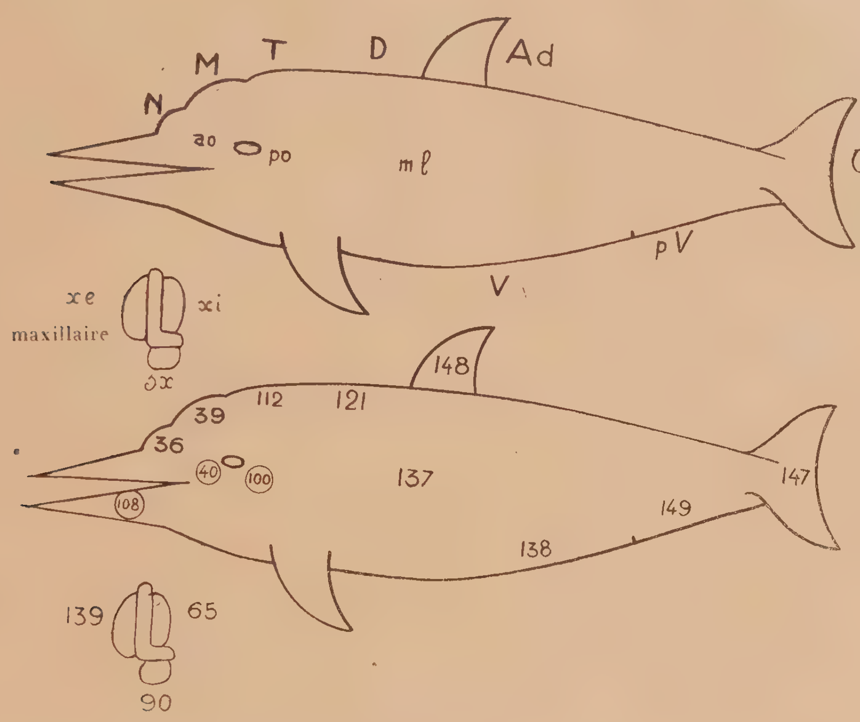
Nous avons pu avoir des tissus graisseux prélevés en des régions nettement définies d'un tursiops (*Delphinus tursio* Fabr.) (femelle de $2^m,50$ de long) et aussi de la tête de deux autres variétés de Delphinidés. Ces différents tissus ont été hachés; chauffés au bain-marie ils ont cédé leurs huiles qui ont été filtrées et recueillies à l'abri de l'eau et de l'air autant que faire se pouvait. Ces huiles parfaitement neutres sont limpides à 40° et ne présentent au bout de trois mois aucun caractère sensible d'altération. Certaines d'entre elles abandonnent, par repos à la température de 15°, une margarine qui se redissout par chauffage.

Nous avons, en cours d'étude, effectué sur ces huiles un grand nombre de déterminations (indices d'iode, de saponification, de Reichert, de Polenske, de Hehner, insaponifiable, etc.). On trouve ainsi chez un même animal des champs de variation très étendus (30-150, 200-300, 20-140, ...) sur lesquels nous reviendrons ailleurs avec tous les développements nécessaires. Mais ce qui est important c'est que *ces variations ne sont pas désordonnées*. Si nous inscrivons sur le dessin schématique de l'animal à l'endroit du prélèvement, par exemple l'indice d'iode de la graisse, on est frappé de ce que ces indices varient régulièrement du nez (N) à la région postérieure

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1416-1417.

ventrale (P. V.) soit en suivant le trajet nez (N), melon (M), tête (T), dos (D), aileron dorsal (Ad), queue (C), soit en suivant tel autre trajet T-D-Ml-V-P.V.; les indices d'iode vont ainsi en croissant. Pour les indices de Reicher-Meissl, c'est l'inverse que l'on observe d'une façon aussi régulière.



Répartition des indices d'iode dans les huiles d'un Tursiops.

Ces variations ont un *sens* régulier, mais alors que dans des zones étendues (parties postérieures par exemple) on n'enregistre que des variations relativement faibles, il arrive que pour des régions très proches les variations soient très considérables [nez (N), lard en avant de l'œil (*ao*), lard en arrière de l'œil (*po*)]. Ceci est également frappant avec les graisses qui enveloppent le maxillaire. C'est ainsi que chez le Tursiops nous avons obtenu :

Graisse du maxillaire, masse externe (*xe*)..........	139
» masse interne (*xi*)..........	65
Graisse en dessous du maxillaire (*sx*)..............	90

et cela n'est pas un accident d'expérience. Dans les deux autres têtes de dauphins, les indices suivent le même ordre :

xe	64	86
(*xi*)	25	54

De même, dans une masse de lard de la région médiane latérale la partie superficielle nous donnait 137 et la partie profonde 127.

On voit donc combien il est nécessaire de savoir *situer* et aussi *délimiter* le prélèvement, ce qui présente parfois d'énormes difficultés. Mais, ces précautions prises, on observe alors une ordonnance tout à fait remarquable dans les caractères des graisses, ordonnance qui dépasse l'individu et paraît beaucoup plus générale. En effet, si nous portons sur le même dessin les constantes des graisses prises sur divers sujets de genres voisins, les valeurs, pour des zones bien délimitées, s'intercalent très bien.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Application à l'urine du dosage biochimique de l'allantoïne* [1]. Note de MM. **R. Fosse**, **A. Brunel** et **P. de Graeve**, présentée par M. E. Roux.

1. Nous avons précédemment démontré la possibilité de doser avec précision l'allantoïne, en présence de l'urée, par l'action simultanée de deux ferments du Soja, puis de l'acide chlorhydrique [2].

Dans une première phase, l'allantoïnase transforme l'allantoïne en acide allantoïque :

$$\begin{array}{lcl} NH^2.CO.NH-CH-NH\diagdown & & \\ \qquad\qquad\quad\;\; | \qquad\qquad\quad >CO & \xrightarrow{+H^2O} & NH^2.CO.NH-CH-NH.CO.NH^2 \\ \qquad\qquad\quad CO-NH\diagup & & \qquad\qquad\qquad\;\; | \\ & & \qquad\qquad\quad\;\; COOH \end{array}$$

et l'uréase détruit l'urée.

La formation de l'acide allantoïque n'est totale qu'en milieu alcalin. Cette condition est toujours remplie en présence de l'urée et du Soja. Loin de compliquer les méthodes analytiques et de nuire à leur exactitude, le plus important des matériaux azotés de l'urine exerce sur elles une influence favorable.

Dans une deuxième phase, l'acide chlorhydrique détruit l'uréase et libère

(1) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 106, 426, 1067 et 1418.

(2) R. Fosse, A. Brunel et P. de Graeve, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1418.

l'urée, base du dosage de l'allantoïne :

$$\begin{matrix} NH^2.CO.NH \\ NH^2.CO.NH \end{matrix} \!\!> CH.COOH + 2H^2O \;=\; 2NH^2.CO.NH^2 + COOH.CH(OH)^2.$$

De l'origine de l'urée ainsi formée, pesée sous la forme de son dérivé xanthylé, dépend l'exactitude de la méthode. *Il faut nécessairement que, dans le milieu soumis à l'analyse, l'allantoïne soit le seul corps présent, capable d'engendrer l'urée dans les conditions données.*

2. D'après A. Nemec ([1]), le Soja conduit la dégradation de l'acide urique jusqu'à l'ammoniac. La participation de plusieurs diastases est nécessaire : l'uricase, signalée par lui chez les végétaux, produit l'allantoïne, qu'un ferment hypothétique scinde en acide glyoxylique et urée; enfin, celle-ci est transformée par l'uréase en CO^2 et NH^3.

3. *Action du Soja sur l'acide urique.* — Nos expériences, dont les conditions diffèrent de celles de Nemec, démontrent que le soja scinde l'acide urique en une substance donnant par hydrolyse acide les mêmes produits que l'acide allantoïque : l'acide glyoxylique et l'urée.

Expérience. — On prépare une solution d'acide urique ($0^g,59$) dans de la potasse à N/100 (1000^{cm^3}) et l'on place au bain d'eau, à 40° les deux milieux :

	E.	T.
Solution d'urate de potassium	100^g	100^g
Soja broyé	1^g	0^g
S. carbonate d'ammonium	1^g	1^g
Toluène	1^{cm^3}	1^{cm^3}

Caractérisation de l'acide glyoxylique. — Après 15 heures, le liquide d'expérience, chauffé avec HCl, puis additionné de chlorhydrate de phénylhydrazine, de ferricyanure de K et d'HCl concentré, développe une forte coloration rouge, tandis que, dans les mêmes conditions, le témoin reste incolore.

Dosage de l'urée. — Après 15 heures, mesurer 5^{cm^3} de liquide filtré E et T, neutraliser, ajouter HCl normal pour obtenir le litre N/20, chauffer 30 minutes à 60°, alcaliniser et déféquer par l'iodomercurate acétique. Recevoir filtrat et eaux de lavage dans une éprouvette graduée, ajouter au liquide deux fois son volume d'acide acétique et du xanthydrol. Durée de condensation : 4 heures; xanthyl-urée pour 5^{cm^3} de E : $0^g,003$; xanthyl-urée pour 5^{cm^3} de T : $0^g,000$.

([1]) A. Nemec, *Bioch. Zeitschrift*, 112, 1921, p. 286.

D'où, acide urique transformé par le soja en urée, pour 1 litre :

$$0^{g},003.200.\frac{168}{840} = 0^{g},12;$$

allantoïne correspondant à l'urée formée, par litre :

$$0^{g},003.200.\frac{158}{840} = 0^{g},11.$$

La présence de l'acide urique peut ainsi causer une erreur par excès très appréciable. Il faut donc l'éliminer avant de provoquer les fermentations dues au Soja.

4. *Élimination de l'acide urique.* — Ce résultat est atteint à l'aide du réactif de Denigès (sulfate acide de mercure) qui, sans action sur l'allantoïne, précipite l'acide urique à de très grandes dilutions, supérieures à 1/100000 [1].

5. Dans des recherches d'ordre préliminaire, nous avons, en appliquant ces principes, dosé l'allantoïne dans l'urine de divers animaux et obtenu les résultats qui suivent :

	N total par litre.	Allantoïne par litre.	N de l'allantoïne.	$\frac{\text{N allant.}}{\text{N total}} \times 100.$
Urine émise par les animaux vivants.				
Lapin	g 5,30	g 1	g 0,35	6,7
Chien 1		1,92		
Chien 2		2,60		
Urine prise dans la vessie d'animaux tués à l'abattoir.				
Porc 1	13,70	0,708	0,25	1,8
Porc 2	15,80	1,26	0,45	2,8
Cheval	23	1,73	0,61	2,6
Mouton	18,50	1,78	0,63	3,4
Vache 1	17,3	2,33	0,82	4,7
Vache 2	16,7	2,27	0,80	4,8
Veau 1	21,47	5,37	1,90	8,8
Veau 2	19,48	6,16	2,18	11,2
Veau 3	14,59	5,76	2,04	13,9

[1] DENIGÈS, *Chimie analytique*, 5e édition, 1920, p. 203 et 53.

MÉDECINE. — *Le drainage osmotique*. Note de M. **E. Doumer**, présentée par M. d'Arsonval.

1. J'appelle *drainage osmotique* le phénomène mécanique qui se passe dans la membrane qui sépare deux solutions de concentrations moléculaires différentes.

2. Ce phénomène, qui est très différent des phénomènes osmotiques eux-mêmes, n'a jamais été étudié. Il consiste en une sorte de lavage de la membrane résultant du courant d'eau établi par la différence des pressions osmotiques et en un entraînement mécanique des particules, colloïdales ou autres, qui sont en suspension dans le milieu liquide qui baigne cette membrane.

3. Il apparaît nettement dans l'expérience *princeps* que fit Dutrochet, il y a plus d'un siècle, avec le sac spermatique de la limace. On voit, lorsque ce sac est placé dans de l'eau distillée, son contenu trouble et lactescent sourdre sous forme d'une goutte épaisse par son orifice béant et remplacé dans l'intérieur du sac par un liquide absolument hyalin qui pénétrant à travers la membrane, le chasse à l'extérieur.

4. On le met d'ailleurs facilement en évidence en introduisant dans un endosmomètre, avec un liquide hypertonique quelconque, quelques corps solides légers (fétus de paille, fins fragments d'une mince feuille d'or, fragments de lames de mica, etc.). Si l'on plonge cet endosmomètre dans de l'eau distillée ou dans une solution hypotonique par rapport à la solution interne, on voit bientôt ces fragments soulevés et parfois même projetés à un ou deux millimètres de la surface de la membrane sur laquelle ils reposent. On peut aussi illustrer ce phénomène en incorporant à la solution hypertonique des poussières très fines ou des colloïdes opalescents.

5. Ce phénomène mécanique est évidemment en rapport avec la différence des pressions osmotiques des deux solutions en présence; il est d'autant plus marqué que cette différence est plus grande.

6. Le drainage osmotique est susceptible d'applications thérapeutiques. On conçoit en effet qu'il puisse être utilisé pour produire un lavage *a retro* des muqueuses ou des surfaces cutanées malades et contribuer à leur détersion. Il suffit, pour le produire, de placer sur la surface malade un liquide nettement plus hypertonique que le milieu interne. Il naîtra ainsi, à travers cette surface, un courant d'eau qui *ira du milieu interne vers la solution externe* et produira le lavage *a retro* désiré. Ce lavage sera évidemment

autrement efficace que les lavages superficiels qui ne pénètrent jamais dans la muqueuse et ne produisent qu'une action toute de surface.

7. Pour produire un tel drainage osmotique, théoriquement n'importe quelle solution hypertonique pourra être employée. Cependant il est clair que, pour des applications médicales, il faudra éviter les substances toxiques ou irritantes ou destructrices des tissus. Et même si l'on désire n'utiliser thérapeutiquement que ce phénomène mécanique pur, il sera sage de n'employer aucune substance ionisable.

8. J'ai déjà montré à l'Académie de Médecine que ce nouveau procédé thérapeutique pouvait utilement être employé dans certaines *conjonctivites*, je pense qu'il peut aussi l'être d'une façon très générale pour toutes les autres muqueuses et pour le traitement des plaies infectées. Des essais en cours que MM. Painblan, Morel, Piquet et Farady veulent bien faire à ma demande, montreront je l'espère que son application peut être fort étendue.

A 15h50m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

E. P.